

PARIS

FACULTÉ DE MÉDECINE XAVIER-BICHAT

Année 1971

THÈSE

N°

103

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

Jean-Louis POURRIAT

né le 6 Février 1947 à Paris.

Présentée et soutenue publiquement le 1971

Statique frontale du genou.

Étude mécanique et radiologique.

Président : M. DE SEZE, Professeur

Année 1971
—

THÈSE

N° —

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

Jean-Louis POURRIAT

né le 6 Février 1947 à Paris.

Présentée et soutenue publiquement le 19.....

Statique frontale du genou.

Étude mécanique et radiologique.

Président : M. DE SEZE, Professeur

THÈSE

Année 1917

Par

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Système d'État)

Par

Jean-Louis POURRIAT

né le 5 février 1897 à Paris.

18

présentée et soutenue publiquement le



Statique frontale du genou.

Étude mécanique et radiologique.

Président : M. DE SÈZE, Professeur

A ma femme

A mes parents

A mes amis

A mon Président de thèse

Monsieur le Professeur DE SEZE

qui m'a fait le grand honneur de vouloir
accepter la présidence de cette thèse

En témoignage de mon très haut respect

A mon maître

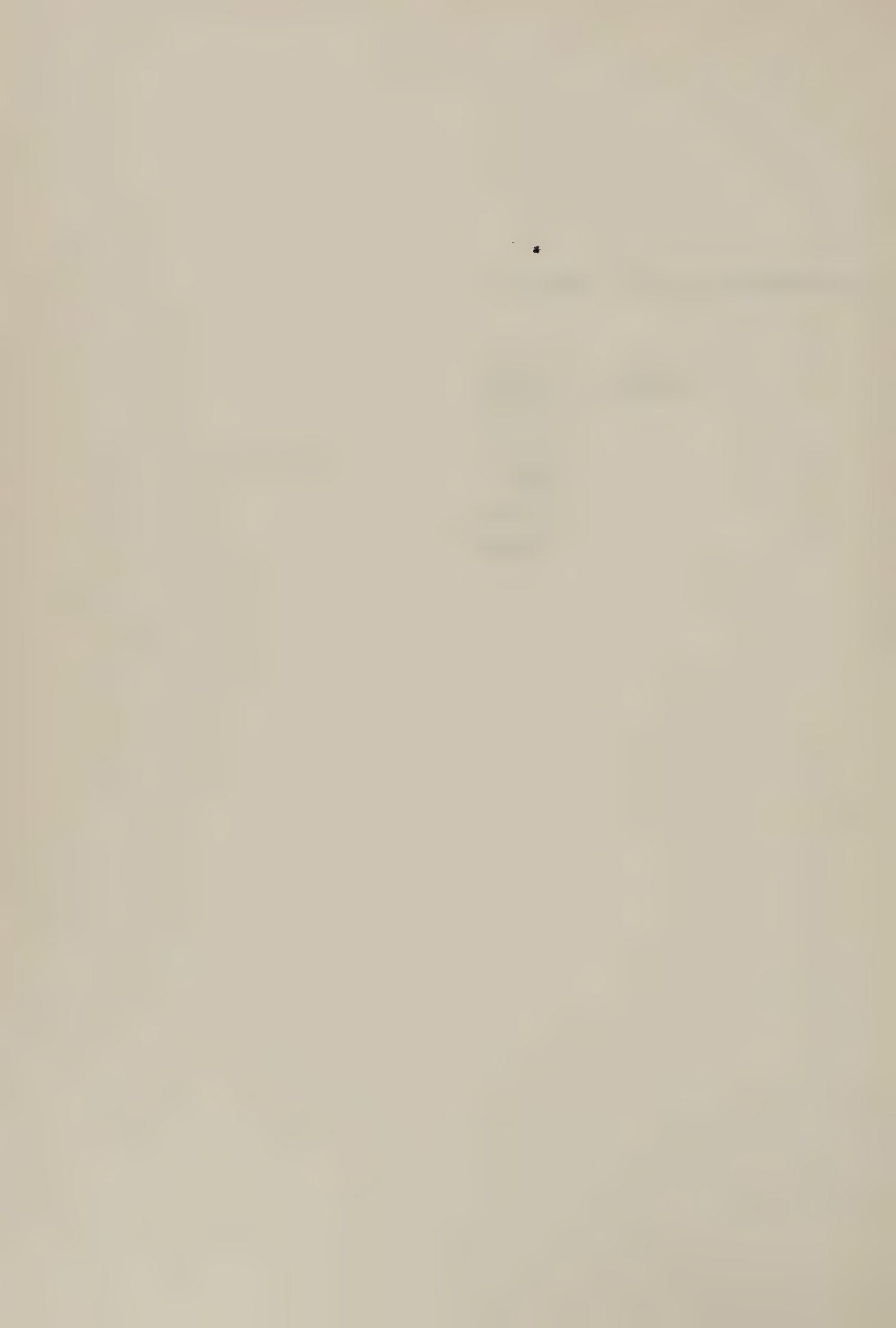
Monsieur le Docteur Albert DJIAN

qui a inspiré ce travail et l'a
guidé dans sa réalisation

En témoignage de ma profonde gratitude

A mes Maîtres dans les hôpitaux :

Messieurs	BAUMANN
	BONFILS
	DJIAN
	DUPUY
	PIALOUX
	TOURNEUR



I N T R O D U C T I O N

INTRODUCTION

Les membres inférieurs, chez le sujet normal, subissent à chacun de leurs niveaux des contraintes osseuses importantes.

Situé à l'union de deux futs osseus, le genou devrait être le joint d'une moindre résistance et par conséquent d'une grande fragilité, d'autant plus que les forces s'y appliquant possèdent une impressionnante longueur de bras de levier.

Or, il n'en est rien, le genou résiste à des tensions énormes.

Et si actuellement, des fonctions essentielles du genou, statiques et dynamiques, la dynamique étudiée dans le plan saggital et en vue axiale pour la fémoro patellaire, est relativement bien connue, par contre, dans le plan frontal, la statique et ses altérations comportent encore de nombreuses inconnues.

Notre propos n'est pas d'envisager les différentes étiologies, ni les différents traitements qui peuvent s'appliquer à ces déviations frontales.

Nous avons voulu simplement proposer une explication claire et si possible, précise de la statique frontale du genou* avec les implications radiologiques qui en résultent.

Nous envisagerons donc successivement

./...

- après un rappel anatomique
- l'étude de la statique frontale
- puis l'étude radiologique

Nous avons pu bénéficier dans le service de Monsieur le Docteur DJIAN de moyens modernes qui nous ont permis d'étudier dans les meilleures conditions 92 genoux dont 64 en varum et 28 en valgum, avec pour terme de comparaison l'étude de 40 genoux frontaux normaux.

" Au point de vue ethymologique, il nous a semblé préférable d'employer le terme "statique frontale" à l'expression "biomécanique" pourtant consacrée par l'usage.

R A P P E L A N A T O M I Q U E

Les articulations fémorotibiales et fémoropatellaire ne permettent que des mouvements de flexion - extension et, en cours de flexion des mouvements de rotation sur l'axe longitudinal.

En extension, aucun mouvement de latéralité n'est possible dans les conditions physiologiques ; si bien que, dans cette position, le genou subit un travail en compression avec d'importants efforts latéraux dont est témoin la disposition structurale des extrémités osseuses.

Nous ne décrivons pas toute l'anatomie du genou nous rappellerons uniquement les facteurs qui sont responsables de cette stabilité latérale en extension complète.

STABILITE OSTEO-LIGAMENTAIRE

1 - Surfaces osseuses en regard

. L'extrémité inférieure du fémur se présente comme une pyramide à quatre faces dont le sommet se continue avec la diaphyse et dont la base repose sur l'extrémité supérieure du tibia.

- en avant, se trouve une gouttière médiane, la trochlée, séparée des condyles en arrière par les rainures interconcyliennes.

Cette trochlée présente deux renflements dont l'externe est plus important que l'interne.

- en arrière, se situent les saillies des deux condyles, réunis en avant, séparés en arrière par l'échancrure inter-condylienne.

Chaque condyle présente une face intercondylienne, une face superficielle ou cutanée, et une face articulaire avec la cavité glénoïde correspondante.

- en arrière et au dessus de chaque condyle se place une surface triangulaire, inscrite dans la bifurcation de la ligne âpre : la surface poplitée.

* l'extrémité supérieure du tibia donne l'apparence d'un écrasement transversal du corps de l'os, déjeté légèrement en arrière.

Elle a également l'apparence grossière d'une pyramide à base supérieure. Celle-ci apparaît formée par deux masses latérales excavées et correspondant aux condyles fémoraux.

Ces deux surfaces articulaires se relèvent en pointe au niveau de la partie médiane de la base pyramidale : ce sont les épines tibiales. Ceci a pour conséquence un agrandissement de la surface de contact entre les deux fûts osseux.

La face antérieure apparaît triangulaire dont la base est supérieure et dont le sommet accuse un renflement : le tubercule antérieur (insertion du tendon rotulien).

La face postérieure, également triangulaire présente l'insertion du muscle poplitée.

Quant aux faces latérales, il s'agit des tubérosités supportant les cavités glénoïdes.

Au niveau de la face externe, on trouve la facette articulaire ovalaire avec le péroné.

* La rotule présente deux faces, l'une antérieure, convexe, triangulaire, à base supérieure, cutanée ; l'autre postérieure et articulaire avec la trochlée fémorale.

Deux bords, une base supérieure et un sommet inférieur, la structure interne de ces extrémités osseuses traduit bien les contraintes auxquelles elles sont soumises.

* ainsi l'étude des lignes de force de l'extrémité inférieure du fémur montre deux système trabéculaires, l'un partant de la corticlae interne et aboutissant dans le condyle homolatéral (compression) et dans le condyle controlatéral (traction) ; l'autre partant de la corticlae externe et réalisant le phénomène symétrique.

Des travées horizontales réunissent les deux condyles. Les lignes de force de l'extrémité supérieure du tibia effectuent une disposition identique (KAPANDJI).

2 - Ligaments latéraux

Ce sont les ligaments latéraux qui assurent essentiellement la stabilité frontale du genou en extension, détendus lors de la flexion, tendus lors de l'extension.

KAPANDJI a pu comparer le condyle à un coin, coin qui viendrait s'interposer entre la glène et l'insertion supérieure du ligament latéral au fur et à mesure que l'extension se complète.

- Le ligament latéral interne se compose de deux faisceaux :

- un faisceau principal qui s'insère à cheval sur le sommet de la tubérosité du condyle interne et sur la dépression qui se trouve en arrière, se dirige en bas et en avant, en s'élargissant et va s'attacher à la tubérosité tibiale, le long de la ligne d'insertion capsulaire. De nombreuses fibres vont s'attacher plus bas, à la partie supérieure de la tubérosité interne du tibia.

- un faisceau accessoire tendu entre fémur et tibia, et adhérent au ménisque interne.

- Le ligament latéral externe a une configuration différente : épais, cylindrique, tendu de la tubérosité du condyle externe, il descend oblique en bas et en arrière, et s'attache à la partie antéro-externe de l'extrémité supérieure du péroné.

Contrairement au ligament latéral interne, il est indépendant sur tout son trajet de la capsule articulaire. Le tendon du biceps recouvre sa terminaison.

3 - Les ligaments croisés

Les ligaments croisés assurent une extension complète, et avec l'aide des ligaments latéraux, la stabilité rotatoire du genou.

Le ligament croisé antéro-externe s'insère sur la surface préspinale, se dirige en haut et en arrière, et en dehors, et va s'attacher sur la moitié postérieure de la face

intercondylienne du condyle externe fémoral.

Quant au ligament postéro-interne, il s'insère sur la surface rétrospinale; et se dirige en haut en avant et en dedans, pour s'attacher sur la partie antérieure de la face intercondylienne du condyle interne, et sur l'échancrure inter-condylienne.

STABILITE MUSCULO-TENDINEUSE

L'action des ligaments latéraux, interne et externe, est renforcée par la mise en tension de certains muscles :

- du côté externe : tenseur du fascia lata et bandelette de MAISSIAT

- du côté interne : muscles de la patte d'oie c'est-à-dire, couturier, droit interne, demi-tendineux.

Le tenseur du fascia lata se situe à la partie externe de la cuisse ; il s'insère en haut sur l'extrémité antérieure de la lèvre externe de la crête iliaque, sur la partie externe de l'épine iliaque antéro-supérieure sur l'échancrure sous-jacente.

Il se dirige en bas, et un peu en arrière, et se termine pour la plupart de ses fibres au niveau de la tubérosité externe du tibia.

Quant à la bandelette de MAISSIAT, elle est constituée en haut de la portion antérieure, épaissie de l'aponévrose fessière, et en bas de la lame tendineuse du fascia lata auxquelles se joignent plus en arrière, les fibres superficielles du tendon du grand fessier.

Les muscles de la patte d'oie :

- Le couturier est un muscle long, aplati, tendu de l'épine iliaque antéro-supérieure qui se dirige en dedans, croisant ainsi psoas iliaque et quadriceps et se situant dès lors à la face interne de la cuise. Il passe en arrière du condyle interne et son tendon terminal va s'attacher largement sur la face interne du tibia.

- Le droit interne s'attache au niveau du pubis puis descend verticalement sous l'aponévrose superficielle. Il se continue par un tendon au niveau du tiers inférieur de la cuise. Celui-ci passe en arrière du condyle interne et va s'attacher par une large insertion sur la partie supérieure de la face interne du tibia, en arrière de l'insertion du couturier.

- Le demi-tendineux s'attache au niveau de l'ischion, se dirige en bas et en dedans, devient tendineux au tiers inférieur de la cuise, passe en arrière du condyle interne et va s'attacher à la partie supérieure de la face interne du tibia, en arrière du couturier et au dessous du droit interne, constituant ainsi avec ce dernier le plan tendineux profond de la patte d'oie.

Ainsi, surfaces osseuses, en regard, ligaments

latéraux, tenseur du fascia lata et muscles de la patte d'oie, sont responsables en premier lieu de la stabilité latérale du genou en extension complète.

Nous ne ferons que signaler le rôle évident dans la stabilité frontale :

- des ménisques, dont la mécanique n'est connu qu'imparfaitement
- des quadriceps par ses extensions fibreuses terminales croisées et directes.

Au total, on peut donc dire que, dans les conditions physiologiques et en extension complète, le membre inférieur, de la tête fémorale jusqu'à l'articulation tibio-tarsienne, peut être assimilé à un fût osseux relativement homogène et soumis à certaines forces à chacune de ses extrémités.

S T A T I Q U E

F R O N T A L E

D U

G E N O U

STATIQUE FRONTALE DU GENOU

Nous avons déjà souligné le fait que l'étude de la statique frontale du genou avait fait l'objet de peu de recherche.

Néanmoins des travaux essentiels ont été effectués par MM. MACQUET, de MARCHIN et SIMONET (de Liège).

Nous rappellerons, dans un premier chapitre, ces travaux puis proposerons ensuite une autre approche de ce problème.

RAPPEL DES TRAVAUX DE MM. MACQUET, de MARCHIN, SIMONET

A - Exemple théorique

schémas 1 et 2

Supposons deux colonnes superposées et articulées l'une avec l'autre par une surface cylindrique.

un poids P excentrique, situé à une distance " a " fait pivoter la colonne supérieure sur la colonne inférieure.

Pour que l'équilibre soit assurée il faut un contrepoids L situé à une distance " b " tel que

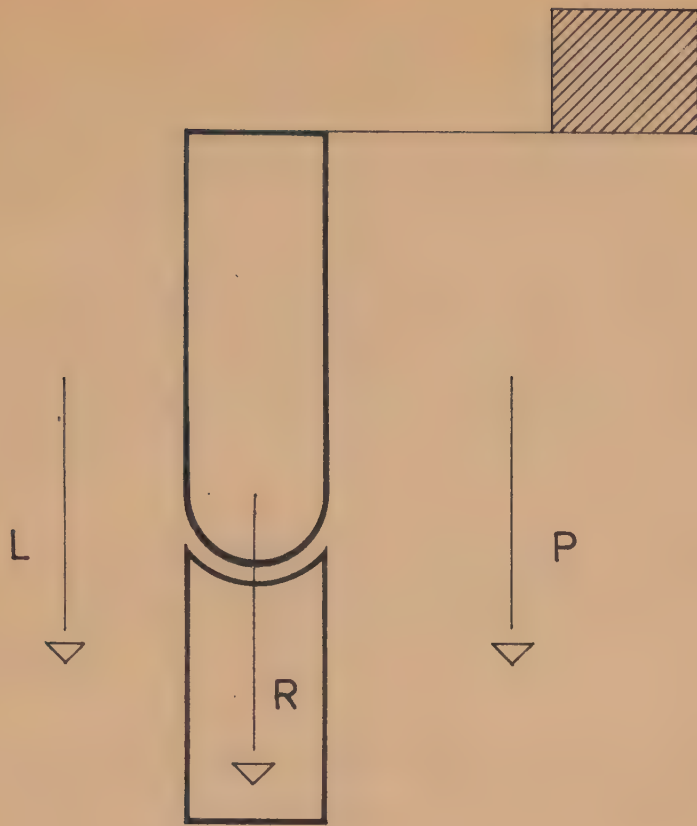
$$Pa = - Lb$$

(L et b variant en sens contraire)

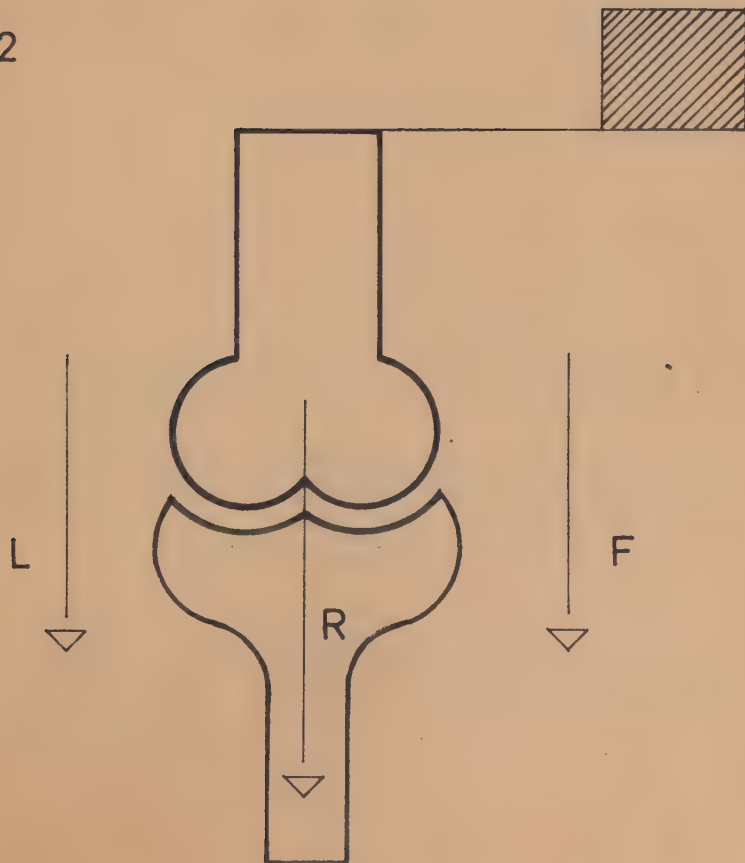
on peut dès lors, déterminer la résultante R de ces deux forces P et L

./...

CHEMA 1



CHEMA 2



Cette résultante engendre dans l'articulation des tensions de pression constituant "la sollicitation mécanique" de l'articulation et selon le point d'application de R le diagramme de pression a un aspect particulier.

Articulons maintenant les deux colonnes par deux surfaces sphériques et symétriques, c'est alors, la situation du point d'impact de R par rapport aux deux centres de courbure qui détermine l'aspect du diagramme de pression.

Les auteurs ont pu déterminer, dans d'autres travaux, à l'aide des équations d'équilibre, de translation et de moments

- 1 - N ou effort normal se transmettant au travers du cartilage
- 2 - T ou effort tranchant repris par certains muscles et ligaments
- 3 - F ou effort latéral repris par muscles et ligaments externes

et si

a - désigne la distance application de N - ligaments internes

b - désigne la distance application de N - ligaments externes

1 - inclinaison du plateau tibial donc de T par rapport à l'horizontale

2 - inclinaison de F par rapport à la verticale

on a

$$N = P \frac{a + b}{b} \cos 1$$

./...

B - Transposition au niveau du genou

- le poids P s'exerce suivant la verticale abaissée du centre de gravité
- le hauban assurant le contrepoids L serait essentiellement constitué par le deltoïde pelvien
- la résultante R s'exerce entre les centres de courbure des deux condyles fémoraux avec une marge importante de déplacement, étant donné la distance importante séparant ces derniers.

Par ailleurs les auteurs ont pu déterminer la pression majeure s'exerçant au niveau du genou.

Ainsi elle serait dans les cas normaux de $0,034 \text{ Kg/mm}^2$; pour un varum de 192° (inclinaison des deux diaphyses) : $0,100 \text{ Kg/mm}^2$.

Les implications d'un tel travail sont essentielles. En effet à côté des implications thérapeutiques où l'étude des pressions au niveau d'un genou dévié et arthrosique permet de déduire par exemple, l'angle optima de résection cunéiforme, se situe toute une approche de l'équilibre du genou et des différents facteurs responsables de cette statique.

Nous avons essayé à notre tour, d'envisager les raisons de cet équilibre et d'en préciser les éléments.

I - DEFINITION DE LA CONTRAINTE : Nkg/mm²

A - PRINCIPE

=====

- 1 - Supposons une masse en équilibre sur deux poutres grossièrement homogènes.

Pour que le système soit en équilibre dans le plan frontal, il faut que la verticale abaissée du centre de gravité de la masse passe entre T1 et T2 points de contact des 2 poutres avec le sol (schéma 3)

Si l'on veut que la masse reste en équilibre et ne repose plus que sur une poutre, il faut que la verticale abaissée du centre de gravité de la masse tombe exactement sur le point T1 ou T2 (schéma 4)

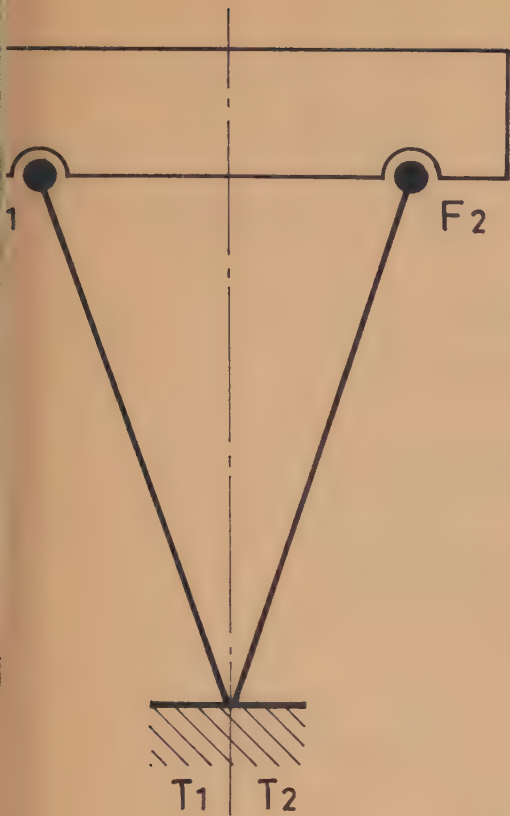
- 2 - Expression de la contrainte d'extension et de compression en un point d'une section droite.

En général on néglige l'effet de l'effort tranchant, car les déformations qu'il détermine sont très faibles comparativement à celles engendrées par le couple fléchissant.

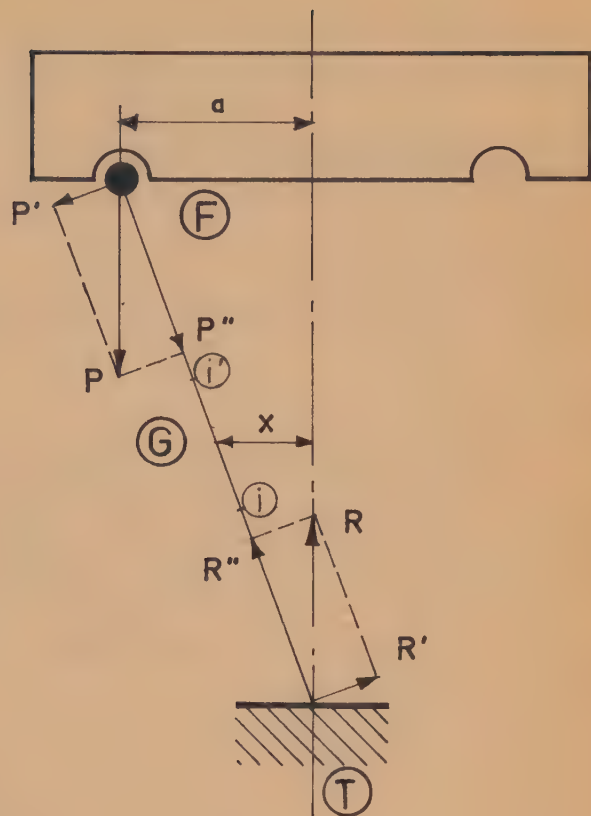
On ne considère donc que les contraintes normales d'extension et de compression résultant de l'action de ce couple

o/...

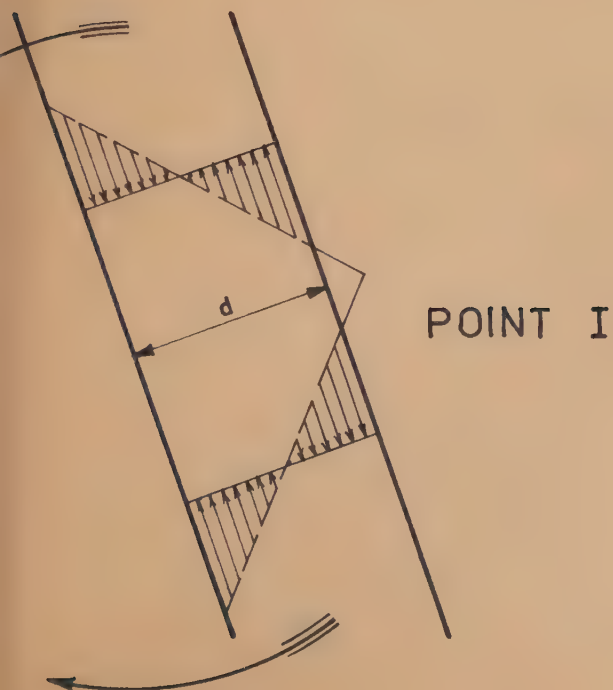
HEMA 3



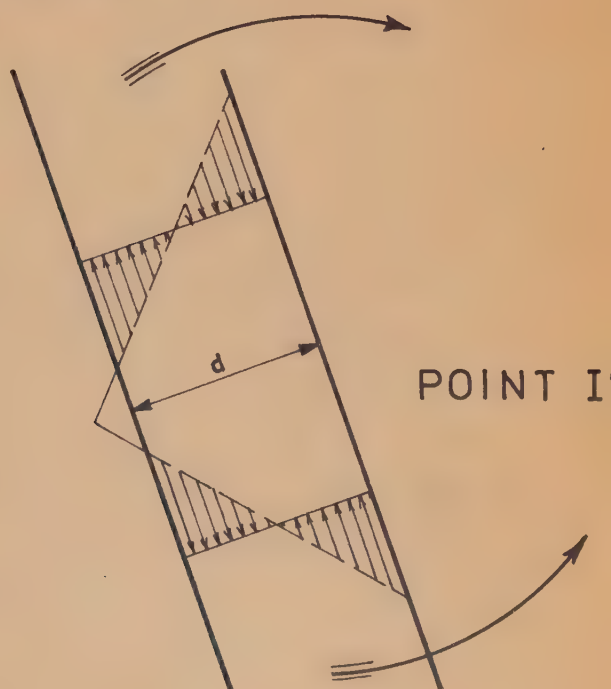
SCHEMA 4



HEMA 5



SCHEMA 6



mmkg

$$N = \frac{\sum M_F}{J_4} z$$

kg/mm² mm mm

avec :

- $\sum M_F$ somme des moments fléchissants
- J moment d'inertie de la section droite
- Z distance du point à la partie moyenne de la section droite

Si la poutre a une section constante,
J est constant ;

D'autre part la contrainte N est maximum dans la section droite pour laquelle le moment fléchissant est maximum et pour les fibres les plus éloignées des fibres neutres

$$(Z_{\max} = r)$$

d'où

$$N_{\max} = \frac{\sum M_F}{J/r}$$

Par ailleurs pour une poutre cylindrique

$$J/r = 0,1 d^3$$

d'où

$$N_{\max} = \frac{\sum M_F}{0,1 d^3}$$

(D = diamètre de la section)

./...

3 - Analysons maintenant les contraintes se produisant à un point I quelconque de cette poutre

- le poids P de la masse se transmet intégralement au point F
- au point T (contact avec le sol) il existe une réaction $R = P$
- ces deux forces R et P se décomposent
 - suivant les axes en $P'' = R''$
 - perpendiculairement aux axes en $P' = R'$
- les deux forces P' et R' exercent donc un couple dont il est aisé de calculer le moment par rapport au point I

d'une part $P' \times FI$

d'autre part $R' \times TI$

La première tend à faire basculer le point I en dedans,

La seconde tend à le faire basculer en dehors.

Les deux moments sont de sens contraire et l'expression générale du moment fléchissant au niveau du point I peut s'écrire :

./...

$$\Sigma M_F = P' \times FI - R' \times TI$$

mais ici $P' = R'$

$$\text{donc } \Sigma M_F = P' (FI - TI)$$

Au total

- dans le cas présent, pour ce point I situé à une distance $FI \gg TI$ il est évident que la contrainte sera énorme sur le bord gauche de la section (schéma 5)

- Inversement un point I' , situé à une distance $FI' \ll TI'$, entraînera des contraintes maximales sur le bord droit de la section (schéma 6)

- Et la contrainte sera nulle pour un

$$\Sigma M_F = 0$$

c'est-à-dire soit $P' = 0$ (hypothèse impossible

soit et surtout $FI = TI$

(point situé à égale distance de F et T)

./...

B - TRANSPOSITION AU NIVEAU DU GENOU

=====

Remarques préalables

1 - Nous avons vu au chapitre précédent que l'ensemble fémur + tibia réalisait en extension complète et en dehors des cas de laxité ligamentaire un ensemble rigide, ne supportant au niveau du genou aucune variation dans un sens ou dans l'autre ; cette donnée étant acquise il est évident que lors d'un déplacement en varum ou en valgum la contrainte s'exercera totalement sur l'un ou l'autre des plateaux tibiaux et du condyle respectif (confirmé par l'étude des lignes de forces).

2 - D'autre part, dans notre exemple théorique, le point T représentait le point de contact de la poutre avec le sol. Il en résulte, que lors du calcul des contraintes au niveau du genou, la distance TI devra représenter non pas la longueur du tibia mais la distance du milieu du genou au sol.

Une critique peut dès lors naître : en effet, l'ensemble paraît perdre son homogénéité au niveau du coup de pied, non pas tant au niveau de la tibiotarsienne que surtout au niveau de la sous astragaliennne. En fait, les positions extrêmes de celle-ci n'influent que d'une façon négligeable sur l'ensemble et la perte de réaction qui peut en résulter est minime.

./...

- 3 - La contrainte, nous l'avons vu, est directement proportionnelle à $0,1 d^3$.
 Nous avons assimilé ce facteur à une constante dans toute notre étude, la surface d'appui ne variant que très peu chez différents sujets ($3\ 000\text{ mm}^2$ environ pour l'école belge).

DETERMINATION DE LA CONTRAINTE AU NIVEAU DU GENOU POUR

UNE DEVIATION $A^\circ = 0$

- Chez le sujet normal, la longueur du fémur (milieu tête fémorale, milieu du genou) est inférieur à la distance du milieu du genou au sol dans un rapport variant entre 0,93 et 0,95
- Il est alors évident que pour une déviation $A^\circ = 0$ il apparaîtra sur le plateau tibial interne une contrainte, témoin de ce varum évolutif
- Déterminons cette contrainte (schéma 6).

Nous pouvons écrire que

$$|\Sigma MF| = |P' \times FG| + |R' \times TG|$$

o/...

et dans le cas présent

$$\sum M_F = R' \cdot TG - P' \cdot FG$$

par ailleurs $R' = R \sin \hat{1} = \frac{Rx}{TG}$

et $P' = P \sin \hat{1} = \frac{P(a-x)}{FG}$

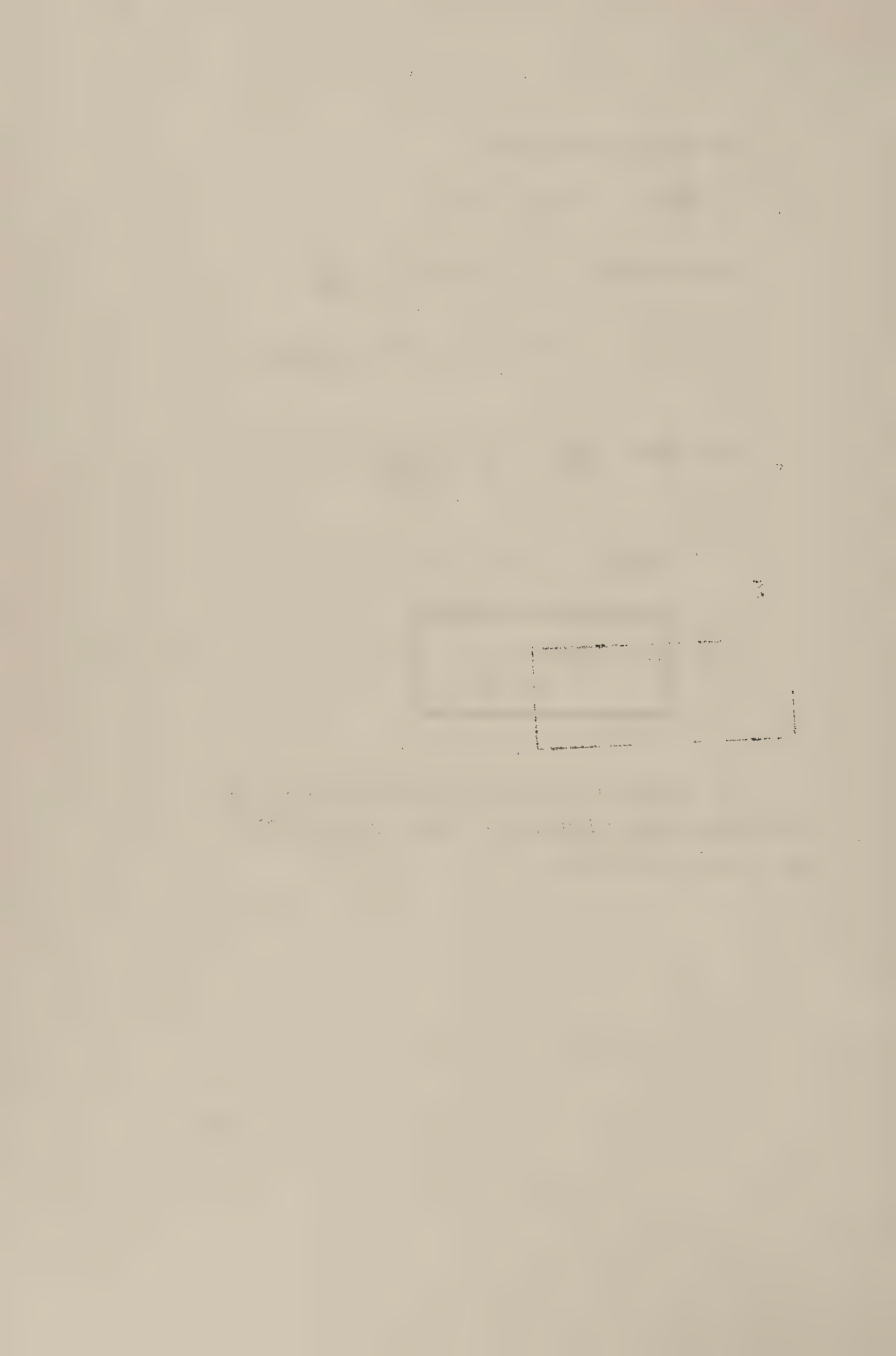
d'où $\sum M_F = \frac{R \cdot x}{TG} \cdot TG - \frac{P(a-x)}{FG} \cdot FG$

$$\sum M_F = P(2x - a)$$

et $N = \frac{P(2x - a)}{0,1 \text{ d3}}$

Il existe donc chez le sujet possédant une déviation nulle, fémur sur tibia, une contrainte en varum, chiffrable.

./...



DETERMINATION DE LA CONTRAINTE SUR UN "GENU VALGUM"

Deux cas se présentent :

- soit le genou ne dépasse pas la verticale abaissée du centre de gravité (schéma 8)
- soit le genou dépasse la verticale abaissée du centre de gravité (schéma 9)

1 - Le genou ne dépasse pas la verticale abaissée du centre de gravité (schéma 8)

. on a toujours

$$\left| \Sigma M_F \right| = \left| P' \cdot FG \right| + \left| R' \cdot TG \right|$$

. dans le cas présent

$$\text{- soit } \Sigma M_{F1} = P' \cdot x_{FG} - R' \cdot x_{TG}$$

$$\text{- soit } \Sigma M_{F2} = R' \cdot x_{TG} - P' \cdot x_{FG}$$

selon l'importance de la
déviations

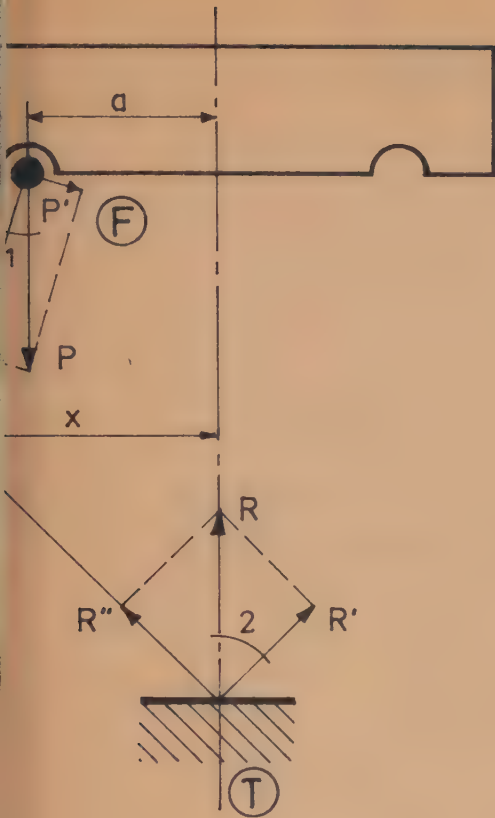
. de toutes façons l'on a

$$P' = P \sin \hat{1} = P \frac{(a-x)}{FG}$$

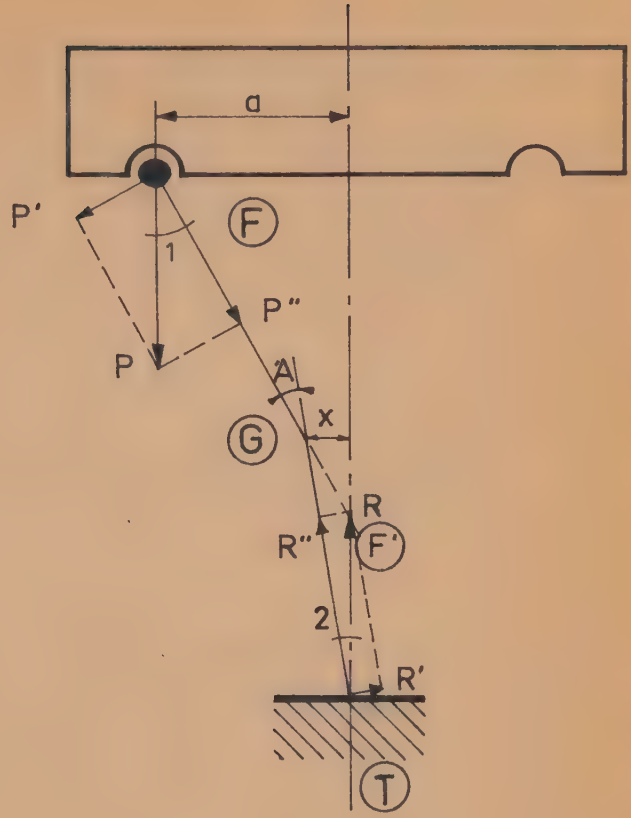
$$R' = R \sin \hat{2} = P \sin \hat{2} = \frac{Px}{TG}$$

./...

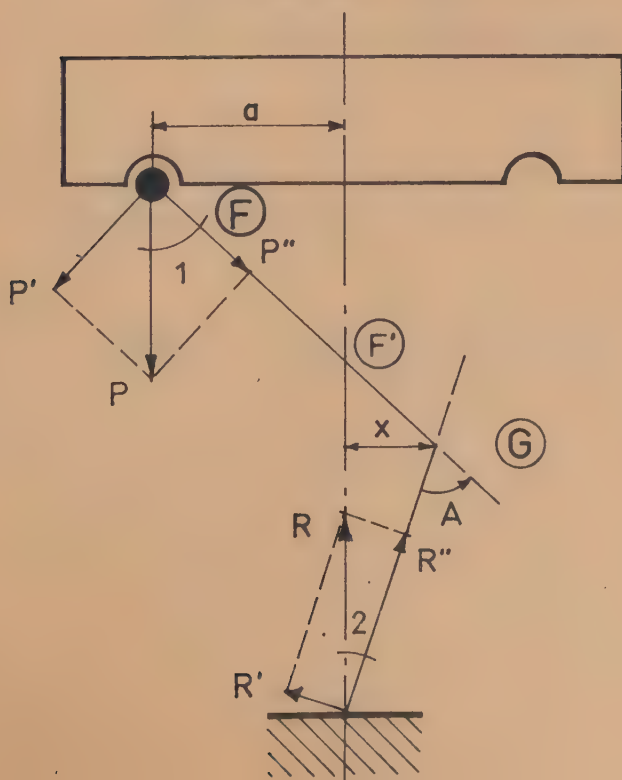
HEMA 7



SCHEMA 8



SCHEMA 9



• D'où

$$\Sigma_{M_{F1}} = P (a - 2x) \rightarrow N = \frac{P (a - 2x)}{0,1 \text{ d3}}$$

$$\text{et } \Sigma_{M_{F2}} = P (2x - a) \rightarrow N = \frac{P (2x - a)}{0,1 \text{ d3}}$$

Devant la confrontation entre ces résultats et ceux obtenus pour un genu varum, une constatation s'impose immédiatement :

VARUM et petit VALGUM possèdent une définition identique de leurs contraintes. Pour un certain angle de valgum, la contrainte s'annule puis croît à nouveau en sens contraire - En clair, pour un certain angle de valgum, la contrainte change de plateau tibial.

Nous déterminerons plus loin à quel angle de valgum correspond cette contrainte nulle.

2 - Le genou dépasse la verticale abaissée du centre de gravité (schéma 9)

$$|\Sigma_{MF}| = |P'FG| + |R' TG|$$

./...

en valeurs relatives

$$\sum M_F = P' FG + R' TG$$

$$P' = P \sin \hat{1} = P \frac{x + a}{FG}$$

$$R' = R \sin \hat{2} = P \sin \hat{2} = \frac{Px}{TG}$$

$$\text{d'où } \sum M_F = P (2x + a)$$

$$\text{et } N = \frac{P(2x + a)}{0,1 d3}$$

Nous venons donc de déterminer 3 types de contraintes

$$P (2x - a)$$

$$1^\circ) \quad N = \frac{P(2x - a)}{0,1 d3}$$

pour le genu varum

et le genu valgum peu important

cette contrainte s'annule par $x = a/2$

$$P(a - 2x)$$

$$2^\circ) \quad N = \frac{P(a - 2x)}{0,1 d3}$$

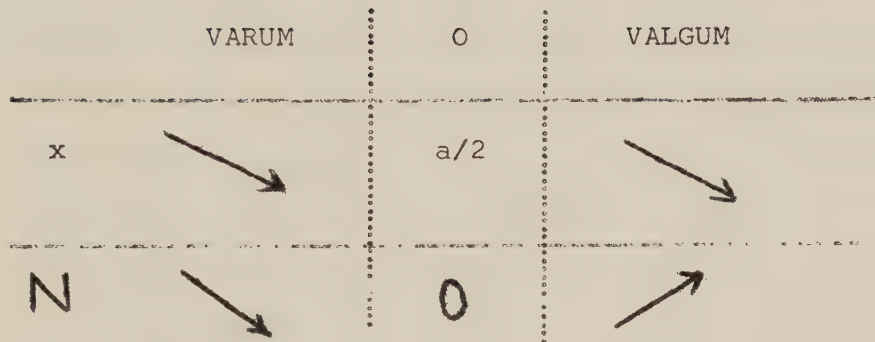
pour le genu valgum plus important

mais ne dépassant pas la verticale
abaissée du centre de gravité

./...

$$3^{\circ) \quad N = \frac{P (2x + a)}{0,1 d^3}$$

pour le genu valgum dépassant la
verticale abaissée du centre de gravité.





II - RELATION ENTRE LE DEGRE DE DEVIATION A° DU FEMUR SUR LE TIBIA ET LA DISTANCE X SEPARANT LE MILIEU DU GENOU DE LA VERTICALE ABAISSEE DU CENTRE DE GRAVITE

On aurait pu se satisfaire de cette notion de distance x proportionnelle à la contrainte. Néanmoins, une relation entre A° et x était nécessaire pour plusieurs raisons :

- une notion d'angle, peut être plus difficile à apprécier qu'une distance, n'en est pas moins plus précise et surtout
- Indépendante de toute autre mesure (distance intertêtes fémorales, longueur des membres inférieurs).
- D'autre part, l'intérêt radiologique d'une telle relation sera repris au chapitre suivant.

Trois cas d'étude se présentent

- 1 - $x > a$ (varum très important)
- 2 - $0 < x < a$ (varum modéré - valgum ne dépassant pas la ligne médiane)
- 3 - $x < 0$ (valgum important dépassant la ligne médiane).

A l'avance, nous prions le lecteur de bien vouloir nous excuser de cette description mathématique qui peut paraître sotérique - Néanmoins les conclusions en sont fort simples.

1 - Etude de $x = f(A^\circ)$ pour $x \rightarrow a$

Prolongeons FG jusqu'à la verticale Ox. Il y a formation d'un triangle F'GT dont A° (angle de déviation de FG sur GT) est un des angles externes

$$\text{et si } \widehat{HF'T} = \hat{1}$$

$$\text{et } \widehat{GTF'} = \hat{2}$$

$$\text{on a } A^\circ = \hat{1} + \hat{2}$$

$$\sin A^\circ \approx \sin(\hat{1} + \hat{2})$$

pour A° petit on peut écrire

$$\sin A^\circ = \sin \hat{1} + \sin \hat{2}$$

$$\sin \hat{1} = \frac{x}{F'G} = \frac{a}{FF'} = \frac{x-a}{FG}$$

$$\sin \hat{2} = \frac{x}{TG}$$

$$\text{d'où } \sin A = \frac{x-a}{FG} + \frac{x}{TG}$$

$$\begin{aligned} \text{posons pour simplifier } FG &= F \\ TG &= T \end{aligned}$$

On peut isoler x

$$x = \frac{FT \sin x + at}{F + T}$$

./...

2 - Etude de $x = f(A^\circ)$ pour $0 < x < a$ (schéma 8)

Prolongeons FG jusqu'à Ox. Il y a formation d'un triangle F'GT dont A° est l'un des angles intérieurs

$$\begin{aligned} \text{et si } \widehat{FF'O} &= \widehat{1} \\ \widehat{GTO} &= \widehat{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{l'on a } \widehat{1} &= \widehat{A^\circ} + \widehat{2} \\ \widehat{A} &= \widehat{1} - \widehat{2} \\ \sin \widehat{A} &= \sin (\widehat{1} - \widehat{2}) \end{aligned}$$

$$\text{pour } \widehat{A} \text{ petit } \sin \widehat{A} = \sin \widehat{1} - \sin \widehat{2}$$

$$\sin \widehat{1} = \frac{a}{FF'} = \frac{x}{GF'} = \frac{a-x}{FG}$$

$$\sin \widehat{2} = \frac{x}{ET}$$

$$\text{d'où } \sin A = \frac{a-x}{FG} - \frac{x}{GT}$$

$$\text{si } \left\{ \begin{array}{l} FG = F \\ GT = T \end{array} \right.$$

on peut isoler x

$$x = \frac{aT - FT \sin A}{F + T}$$

./...

3 - Etude de $x = f(A^\circ)$ pour $x < 0$ c'est-à-dire pour les déviations en valgum dépassant la ligne médiane (schéma 9)

FG coupe Ox en F'

A° se trouve être l'angle externe du triangle F'GT
et $A^\circ = \hat{F'TG} + \hat{TF'G}$

$$A^\circ = \hat{1}^\circ + \hat{2}^\circ$$

$$\sin A^\circ = \sin(\hat{1} + \hat{2}) = \sin \hat{1} + \sin \hat{2} \text{ (pour A petit)}$$

$$\sin \hat{1} = \frac{x}{F'G} = \frac{a}{FF'} = \frac{x+a}{FG}$$

$$\sin \hat{2} = \frac{x}{TG}$$

$$\text{et } \sin A = \frac{x+a}{FG} + \frac{x}{TG}$$

Posons $FG = F$

$GT = T$

$$\text{et } x = \frac{FT \sin A - a T}{F + T}$$

Au total deux conclusions sont à tirer de cette étude

$$x = f(A)$$

./...

1°) On est en présence de trois équations de même type correspondant à des fonctions sinusoïdales : $y = a \sin x + b$

Les équations montrent la proportionnalité exacte entre x et A° et les facteurs qui rentrent en jeu. Nous verrons au chapitre radiologique comment simplifier avec un minimum de pourcentage d'erreurs ces équations pour les réduire à une forme plus simple

$$x = K \sin A$$

2°) On peut maintenant déterminer avec le maximum d'exactitude l'angle A° correspondant à une contrainte nulle.

En effet celui-ci se situe dans la zone hachurée du schéma 10

c'est-à-dire pour

$$x = \frac{aT - FT \sin A}{F + T}$$

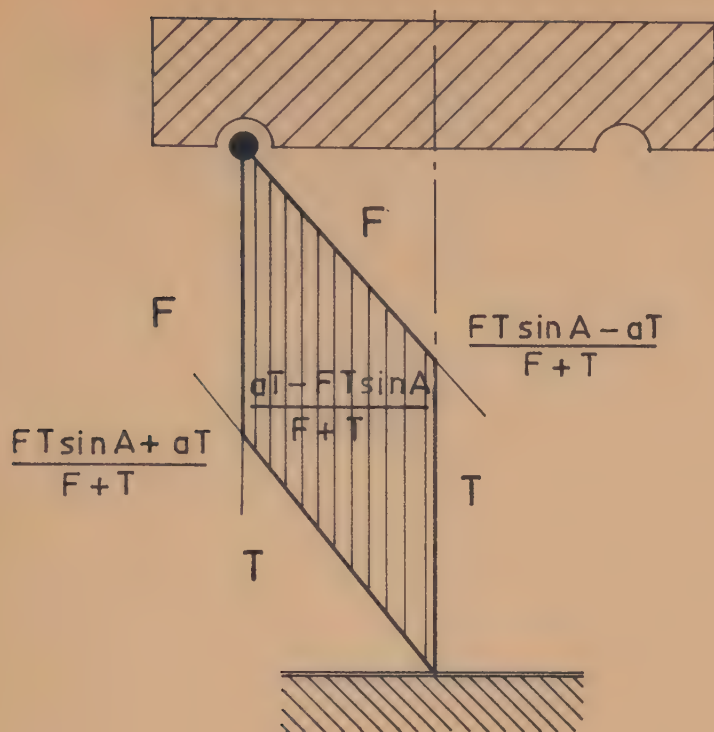
nous savons que $N = 0$ pour $x = \frac{a}{2}$

On peut remplacer x par sa valeur dans l'équation précédente et

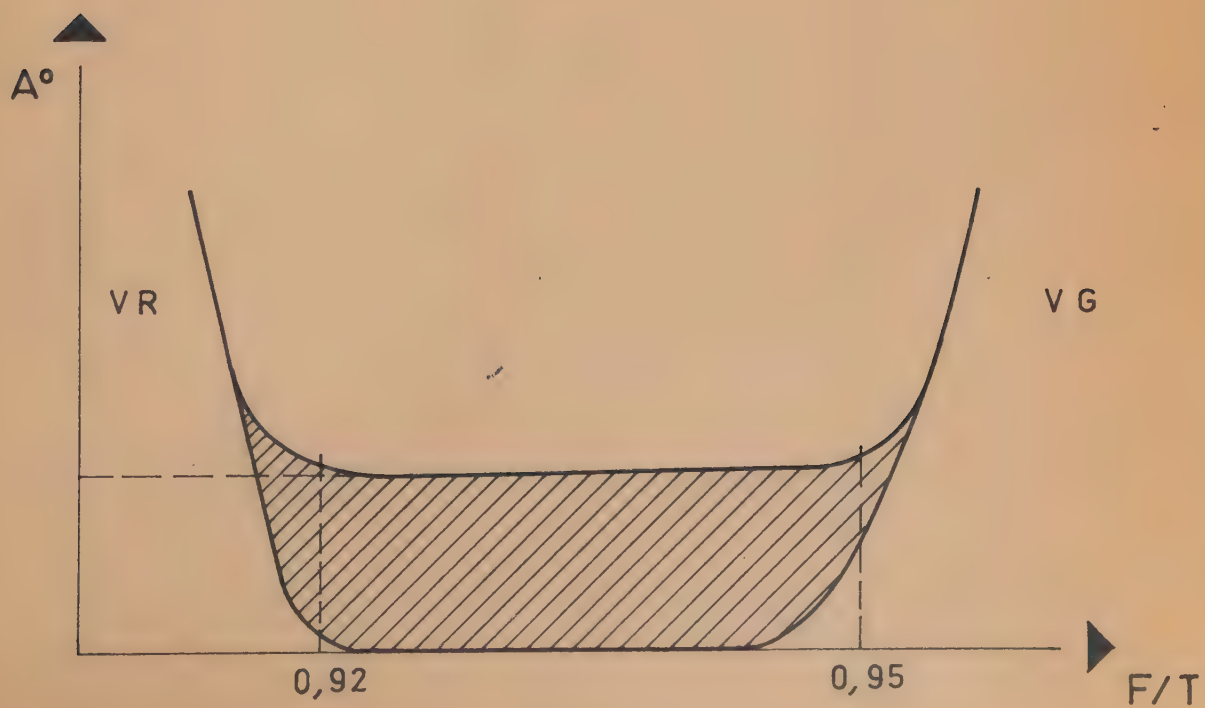
$$\sin A = \frac{a}{2 FG} - \frac{a}{2 TG}$$

./...

SCHEMA 10



SCHEMA 11



126

Ce qui correspond, pour des sujets ayant des critères anthropométriques normaux, à une valeur oscillant entre 0° et 1° de valgum et ceci quelquesoit l'échantillon de la population.

III - ETUDE DES CONTRAINTES EN FONCTION DE L'ANGLE de L'ANGLE DE DEVIATION

Après toute cette étude théorique qui aboutit à démontrer mathématiquement la nécessité d'une prédisposition physiologique au valgum (entre 0° et 1°) il restait à confronter ces résultats avec l'expérimentation.

Notre étude a pu porter sur

92 genoux soit 46 sujets dont

- 26 femmes
- 20 hommes

64 genoux étaient déviés en varum	36 hommes
	28 femmes

28 genoux étaient déviés en valgum	24 femmes
	4 hommes

De plus, la contrainte étant directement proportionnelle au poids de l'individu, nous avons dissocié les genoux selon certaines constantes de poids

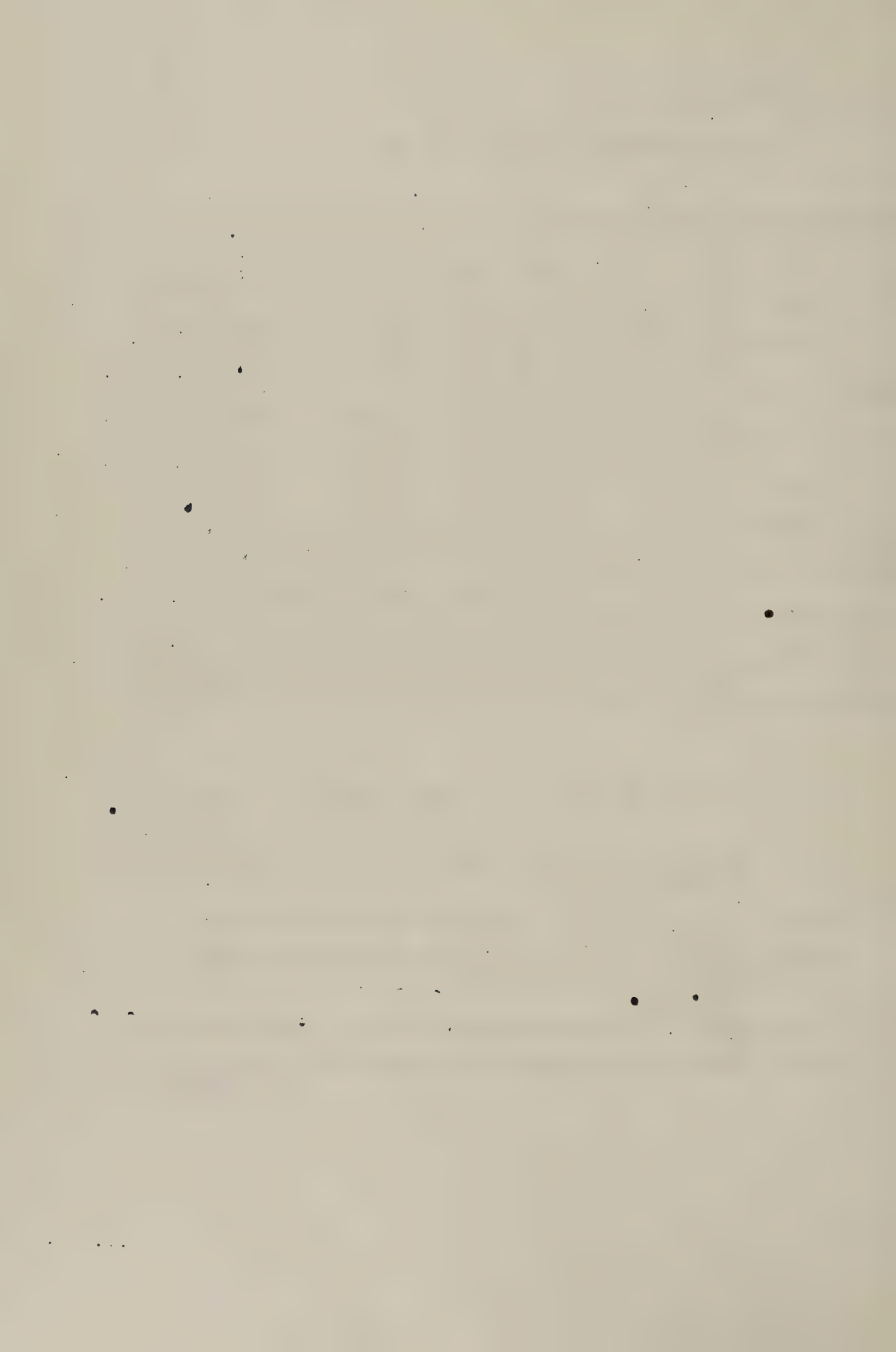
./...

GENOU DEVIE EN VERT.

1. poids inferieur ou egal à 55 kg.

identification	age	poids	sexe	a	x	F	T	A°	N	F/T
1	86	45	F	94	48	390	410	0°	0,003	0,95
2	29	50	M	91	50	413	428	1°	0,004	0,96
3	70	50	F	88	51	367	425	3°	0,018	0,86
4	25	50	F	96	62	446	455	3°30'	0,017	0,98
5	17	53	M	84	59	412	456	4°	0,036	0,90
6	17	52	M	84	59	410	435	4°	0,026	0,94
7	25	50	F	98	73	441	455	6°	0,047	0,96
8	26	40	M	76	86	437	479	10°30'	0,079	0,91
9	26	40	M	75	85	437	474	11°30'	0,086	0,92
10	70	50	F	88	112	362	435	19°	0,160	0,83

- "a" : Distance du milieu de la tête femorale au pubis .
(en mm.)
- "x" : Distance du milieu du genou à la verticale abaissée
du pubis. (en mm.)
- "F" : Longueur de l'axe mecanique du femur. (en mm.)
- "T" : Longueur de l'axe mecanique du tibia, prolongé
jusqu'au sol . (en mm.)
- A° : Angle de deviation femoro-tibiale. (axes mecaniques)
- "N" : CONTRAINTE au niveau du plateau tibial interressé.
(en kg/mm²)



2 - Poids compris entre 55 et 65 Kg

Identification	Age	poids	sexe	a	x	F	T	A°	N	F/T
11	72	60	M	95	49	404	450	0°	0,009	0,29
12	73	60	M	93	43	440	475	0°	0,005	0,92
13	77	62	F	80	47	382	410	0°30	0,012	0,93
14	77	60	M	85	44	450	475	0°10	0,009	0,94
15	77	64	F	91	34	430	430	0°36	0,003	0,99
16	77	61	M	87	33	390	425	2°	0,001	0,92
17	78	55	M	82	33	390	420	3°	0,000	0,92
18	78	60	M	83	33	400	460	2°	0,040	0,94
19	78	60	M	90	43	462	471	3°	0,007	0,91
20	78	60	M	83	52	454	470	4°	0,002	0,96
21	79	60	F	92	34	414	460	5°	0,002	0,90
22	79	64	M	90	30	412	451	0°	0,000	0,91
23	79	60	M	88	30	400	420	0°	0,000	0,90
24	79	60	M	88	30	400	460	4°	0,000	0,97
25	79	65	F	92	33	414	462	0°30	0,000	0,99
26	79	60	F	91	65	391	410	3°	0,000	0,91
27	80	60	M	90	72	460	470	5°30	0,008	0,97
28	76	60	F	91	70	392	430	6°30	0,007	0,91
29	80	60	F	85	70	404	460	17°	0,000	0,07
30	80	65	M	85	72	400	450	10°	0,003	0,90

■ GENOUX DÉVIÉS EN VARUM :

3. POIDS COMPRIS ENTRE 65 kg. et 75 kg :

d'identification	age	poids	sexe	ca	x	F	T	A°	N	F
31	34	66	F	91	46	418	432	0°	0,002	0,97
32	53	68	F	89	45	404	430	0°	0,002	0,93
33	25	70	F	91	52	410	455	1°	0,022	0,90
34	70	70	F	91	52	418	445	1°30	0,029	0,97
35	53	68	F	89	54	390	422	2°	0,031	0,92
36	40	70	M	82	59	430	485	4°	0,073	0,82
37	40	70	M	82	64	462	515	5°	0,094	0,89
38	40	70	M	82	63	463	512	5°	0,093	0,9
39	78	63	F	100	63	400	408	6°	0,087	0,97
40	40	70	M	82	71	450	485	7°	0,122	0,90
41	35	70	M	85	71	435	468	7°	0,118	0,92
42	64	66	F	91	81	380	410	10°	0,138	0,92
43	78	63	F	100		400	410	15°		0,90
44	64	66	F	91	119	374	400	22°	0,283	0,95

a. poids supérieur à 75 kg.

d'identification	age	poids	sexe	a	x	F	T	A°	N	F/T
45	62	80	M	85	42	448	458	0°	0,001	0,97
46	62	80	M	85	43	450	462	0°	0,003	0,97
47	59	85	F	100	57	445	468	0°	0,037	0,95
48	65	80	M	85		448	480	1°30	0,035	0,93
49	65	78	M	85	52	451	484	2°	0,043	0,93
50	65	78	M	80	53	445	475	3°	0,058	0,93
51	36	75	M	95	56	460	432	3°	0,037	
52	70	77	F	102	67	448	464	4°	0,074	0,96
53	73	75	F	94	67	438	450	5°	0,084	0,97
54	83	84	F	91	71	453	482	6°	0,122	0,95
55	65	78	M	80	69	440	475	7°	0,131	0,92
56	70	77	F	102	72	442	455	7°	0,125	0,96
57	73	75	F	94	75	435	455	7°	0,122	0,95
58	36	76	M	90	76	450	480	7°30	0,138	0,93
59	70	75	F	90	77	440	460	8°	0,138	0,95
60	36	75	M	95	79	450	455	8°	0,138	0,98
61	65	80	M	85	79	450	474	9°	0,170	0,94
62	70	75	F	90	81	444	460	9°	0,158	0,95
63	36	76	M	90	85	447	480	9°30	0,177	0,93
64	65	78	M	85	84	446	480	10°	0,188	0,92

• GENOUX DEVIES EN VALGUM .

1. poids inferieur à 55 kg .

Identification	Age	Poids	Sexe	1	2	3	4	5	6	7
65	82	55	F	85	40	421	450	1°	0,0008	0,93
66	29	50	M	91		418	446	1°	0,007	0,93
67	82	55	F	85	37	420	452	2°	0,018	0,92
68	86	45	F	94		388	410	3°	0,024	0,94
69	83	44	F	91	36	404	438	3°	0,024	0,92
70	83	44	F	91		403	445	4°30	0,007	0,90

.....



GEMOUX DEVIES EN VALGUM . . .

. . .
2. poids compris entre 55 kg. et 65 kg.

Identification	Age	Poids	Sexe	L	I	F	°	0,003	0,96
71	63	64	F	91	46	443 460	0°30	0,003	0,96
72	44	60	F	93	41	442 443	1°	0,018	0,99
73	44	60	F	93	39	432 442	2°	0,027	0,97
74	80	65	F	91	37	440 460	3°30	0,047	0,95
75	58	62	M	92	30	470 480	4°	0,056	0,97
76	47	62	F	88	27	394 415	5°	0,061	0,95
77	58	62	M	92	14	470 480	8°	0,115	0,97
78	80	65	F	99	19	442 455	18°	0,258	0,97

. . . / . . .

GENOUX DEVIES EN VALGUM .

3. poids compris entre 65 kg. et 75 kg.

d'identification	age	poids	sexe	a	x	F	T	A°	N	F/T
79	34	66	F	89	50	420	433	1°	0,018	0,96
80	35	70	M	85	40	434	467	1°	0,010	0,92
81	34	66	F	89	41	419	433	1°	0,011	0,96
82	25	70	F	91	42	412	454	1°	0,014	0,90
83	34	66	F	91	35	410	431	3°	0,038	0,95
84	77	70	F	91	-14	422	445	13°	0,244	0,94

GENOUX DEVIES EN VALGUM .

4. poids superieur à 75KG.

d'identification	age	poids	sexe	a	x	F	T	A°	N	F/T
85	64	78	F	92	45	421	442	0°30	0,004	0,95
86	59	85	F	100	39	444	469	3°	0,056	0,94
87	64	78	F	92	33	422	440	3°30	0,056	0,94
88	93	75	F	93	33	413	450	4°	0,059	0,91
89	89	80	F	110	18	430	450	10°	0,172	0,95
90	93	75	F	93	2	417	440	12°	0,194	0,94
91	83	84	F	96	-44	457	482	22°30	0,450	0,91
92	89	80	F	110	-30	435	445	23°	0,396	0,97

: Dans ces tableaux , l'absence de correlation , chez certains sujets , entre "a" et "x" , s'explique uniquement par la position non conforme des tibio-tarsiennes .

- 16 genoux poids inférieur à 55 kg
- 28 genoux poids entre 55 kg et 65 kg
- 20 genoux poids entre 65 kg et 75 kg
- 28 genoux poids supérieur à 75 kg

Puis nous avons calculé pour chaque plateau tibial concerné la contrainte, par la formule précédemment décrite

Il était, dès lors, possible d'établir une courbe $N = f(A)$. Cette courbe d'allure parabolique justifie certaines remarques

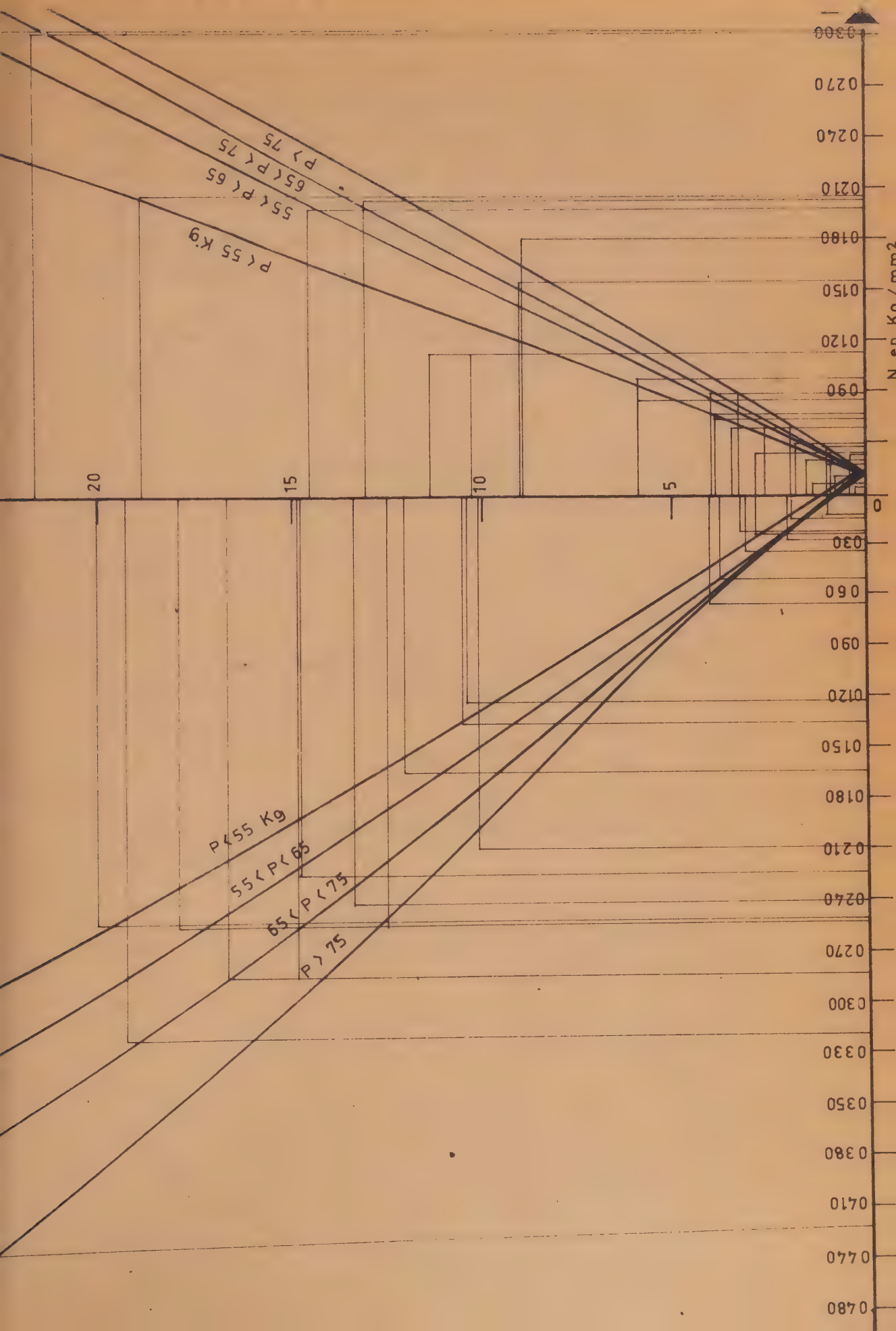
1°) cette courbe n'est pas homogène ; à un même angle correspond plusieurs contraintes avec un écart d'autant plus grand que la déviation est importante

Cela s'explique facilement : la contrainte est directement proportionnelle au poids. Par contre, à poids constant, la différence de contrainte entre deux sujets de morphotype différent est minime.

2°) la seconde remarque qui s'impose est que :

A degré de déviation important (supérieur à 10°) correspond une modification du rapport

$$\frac{\text{Longueur du fémur}}{\text{Distance genou-tibiotarsienne}} \text{ soit } \frac{F}{T}$$



En effet, si l'on reprend l'étude théorique, on peut admettre qu'une augmentation du rapport F/T , c'est-à-dire une augmentation de longueur du bras de levier fémoral par rapport au bras de levier inférieur (genou tibiotarsienne-sol), entraînerait une contrainte en valgum excessive alors que la variation contraire entraînerait une contrainte en varum.

Nous avons été frappé par la corrélation qui existe entre cette hypothèse et la confrontation pratique.

Ainsi, sur 9 déviations en varum supérieures ou égales à 10° , 8 correspondent à un rapport $\frac{F}{T}$ inférieur

à 0,93

Alors qu'en valgum la totalité des déviations supérieures ou égales à 10° possèdent un rapport $\frac{F}{T}$ supérieur à 0,94

Dès lors, nous avons pu établir les normes de ce rapport

$$0,92 < \frac{F}{T} < 0,95 \quad (\text{schéma 11})$$

./...

et si $F/T < 0,92$ varum

$F/T > 0,95$ valgum

Par ailleurs, notre expérimentation a pu montrer

1°) sur les 64 déviations en varum (de 0° à 23°) 14 déviations se situent dans la zone théorique du valgum et pourraient remettre en cause l'hypothèse précédente ; en fait leur observation montre qu'il s'agit

- soit de déviations très faibles
- soit de sujets jeunes
- soit de déviations post traumatiques

2°) sur les 28 déviations en valgum, 3 se situent dans la zone varum mais imposent les mêmes remarques que précédemment ;

Si bien que l'on peut admettre que, dans la genèse des déviations latérales du genou, elles-mêmes génératrices d'arthrose, intervient, dans une proportion non négligeable une modification même modérée du rapport F/T

./...

Au total, cette étude de la statique frontale aboutit à démontrer

1°) la nécessité physiologique du valgum

cet angle optima correspondant à une
contrainte nulle

2°) le rapport exact entre déviation et contrainte

3°) le rapport exact entre déviation et poids

4°) l'incidence sur la déviation frontale de la
modification du rapport tête fémorale genou
genou - sol

On peut ainsi prévoir puis suivre
l'évolution d'un valgum ou d'un varum. Nous
verrons au chapitre radiologique comment réaliser
pratiquement ces hypothèses.

ETUDE RADIOLOGIQUE

ETUDE RADIOLOGIQUE DES DEVIATIONS

FRONTALES DU GENOU

L'étude radiologique des déviations angulaires dans le plan frontal est fondamentale, tant du point de vue diagnostique que du point de vue pronostique.

- diagnostique : ce qui inclue non seulement la simple notion de varum ou de valgum mais aussi :
 - l'évaluation précise en degré
 - l'importance des lésions associées notamment arthrosiques
- pronostique : permettant alors de prévoir l'évolution d'une déviation qui, par exemple, chez un sujet jeune, peut être bien supportée mais qui, forcément un jour ou l'autre entraînera une arthrose plus ou moins invalidante

Nous envisagerons successivement pour chaque méthode :

- techniques
- résultats
- inconvénients

1 - 1^{er} cliché standard

- technique : cliché 24x30 ou 30 x 40

: le sujet est debout, en charge,
genoux strictement de face

: le tube est éloigné à 1,50 m ;
le rayon est centré sur l'interli...

- Résultats et inconvénients

Si un tel cliché peut renseigner sur l'importance des lésions arthrosiques voire même sur l'existence d'un valgum ou d'un varum mais qui, de toutes façons, pour être appréciable ne peut être qu'important, la détermination précise de l'angulation sur un tel cliché reste impossible.

2 - Le cliché standard "amélioré"

Certains auteurs ont, en effet, proposé de tendre (sur un malade placé dans les mêmes conditions que précédemment) entre le milieu de la mortaise tibio-tarsienne et le milieu de l'arcade crurale (point qui figurerait le centre de la tête fémorale), un cordon radioopaque.

Dans ce cas, la position en dedans ou en dehors de celui-ci par rapport au centre du genou témoigne d'un genu varum ou d'un genu valgum.

Les limites d'une telle méthode sont d'emblée évidentes :

Outre le manque de précision en ce qui concerne la détermination des points de fixation du cordon radioopaque, il existe une nécessité, peu pratique, de convertir la distance du genou au fil en un angle.

3°) La méthode de MM. DUPARC et MASSARE le Pangonographe

Avec la technique proposée par ces auteurs, nous approchons d'une manière relativement plus précise de la détermination des angulations dans le plan frontal et ceci, surtout grâce à la diminution des sources d'erreur (évaluation du centre de la tête fémorale, du milieu de la tibiotarsienne)

Technique

- 3 cassettes de type 36 x 43 sont placées l'une après l'autre dans un cadre de bois (le pangonographe) spécialement conçu pour les recevoir.

- l'une correspond au segment coxofémoral
- l'autre correspond au segment fémotibial
- la dernière au segment jambier

- le sujet est placé debout de face contre ce cadre ;

l'appui sera unipodal ou dipodal suivant les circonstances

- le tube est placé à 3 m ; le rayon reste centré sur l'interligne fémorotibial durant la prise des 3 clichés

Résultats

On est en présence de 3 clichés que l'on peut alors raccorder ; l'ensemble donnant le panoramique général des membres inférieurs.

La construction des points de repère et des axes des membres inférieurs sera détaillée au chapitre suivant

Cette construction amène à considérer 3 angles

- 1°) l'angle de déviation angulaire physiologique Il correspond à l'inclinaison en valgum du genou dans les conditions normales.

Cet angle serait égal à 3° en moyenne

- 2°) l'angle de déviation angulaire globale correspond comme son nom l'indique, à l'inclinaison générale des 2 axes mécaniques

- 3°) l'angle de déviation angulaire corrigé θ_3 est la somme des deux précédents dans les déviations en varus, leur différence dans les déviations en valgus

./...

Inconvénients

C'est surtout la prise de 3 clichés successifs, qui peut être le plus critiquable ; En effet, même rapide, celle-ci est forcément responsable

- 1°) d'une fatigue du sujet donc d'un déplacement modéré, non pas tant chez les patients jeunes aux faibles déviations, que chez les malades âgés aux genoux particulièrement déviés

Ce déplacement même minime n'en constitue pas moins une source d'erreur.

- 2°) Par suite l'adaptation des trois films peut être difficile et sujet à caution. De plus il représente une perte de temps.

Nous avons donc été amené à envisager une autre méthode qui, tout en s'inspirant de la technique de MM. DUPARC et MASSARE, essaierait de pallier à ces inconvénients.

./...

4 - La méthode expérimentée dans le service

L'étude radiologique des membres inférieurs dans le plan frontal nous a semblé se soumettre à certaines exigences

1°) la nécessité d'une exposition unique, c'est-à-dire l'utilisation d'une grande cassette (30 x 90) ou (30 x 120)

2°) l'élimination de tout agrandissement donc :

un tube éloigné - il s'est avéré qu'à partir d'une distance égale à 3 mètres l'agrandissement était nul.

3°) une position identique pour tous les malades.

En effet, nous avons pu démontrer, en radiographiant deux fois les mêmes malades dans deux positions différentes

- la première talons joints
- la deuxième tibiotarsienne strictement de face c'est-à-dire axe du tibia tombant dans l'axe du 4ème métatarsien que l'angulation fémorotibiale variât de 1 à 2° ; la position "pieds joints" entraînant chez les sujets normaux une angulation en valgum de 2° à 3° pour une déviation nulle dans l'autre position.

Nous avons adopté par convention la position "tibio-tarsienne" de face et ce, d'autant plus, qu'elle permet une étude conjointe plus précise de la hanche et du pied frontal.

La technique proprement dite

Le sujet est debout, théoriquement en appui unipodal. En fait l'appui dipodal est souvent plus facile à réaliser chez les sujets aux genoux très déviés

Là où les tibiotarsiennes seront strictement de face (milieu de la tibiotarsienne tombant sur l'axe du 4ème métatarsien)

le sanglage du bassin sera systématique

le tube est fixé à 4 mètres ou plus le rayon est centré sur l'interligne fémorotibial

La cassette sera de type 30 x 90 avec écrans dégréssifs. En fait un artifice à l'intérieur de la cassette permet de pallier à cet inconvénient

RESULTATS

1 - EVALUATION DE LA DEVIATION FEMOROTIBIALE

- construction des points de repère

- le centre de la tête fémorale est déterminée soit à l'aide d'un compas, soit plus facilement à l'aide d'un coxomètre (point F)
- le centre de la tibiotalarsienne est représenté par le milieu de la tangente au bord supérieur de l'astragale (point T)
- le milieu du genou est représenté par l'intersection de la tangente aux condyles fémoraux avec la perpendiculaire abaissée du milieu de la ligne bispinale (point G)

- construction des axes

- l'axe anatomique du fémur se confond avec l'axe de sa diaphyse ; il est différent de l'axe mécanique représenté par la ligne joignant le milieu de la tête fémorale avec le milieu du genou (axe F)
- l'axe anatomique du tibia (axe de la diaphyse) se confond grossièrement avec son axe mécanique (axe T) celui-ci joint le point G au point T

- angle de déviation frontale

- l'angle que font entre eux l'axe mécanique du fémur et l'axe mécanique du tibia représente l'angle de déviation frontale

Nous avons vu dans le chapitre précédent que

théoriquement, pour qu'il y ait une contrainte nulle, l'angle de déviation devait être compris entre 0° et 1° de valgum.

Expérimentalement cette hypothèse est confirmée puisque sur 40 genoux normaux aucun signe fonctionnel - aucun signe radiologique et radiographiés dans les conditions décrites 90 % d'entre eux ont une angulation située dans ces limites.

Pour MM. DUPARC et MASSARE le valgum physiologique serait de 3° . Cette différence bien que minime, s'explique néanmoins par la position radiologique différente des pieds (pieds joints)

Il existe des déviations latérales pathologiques très importantes ; ainsi nous avons pu radiographier des malades possédant des déviations allant jusqu'à 23° de varum et de valgum, les signes fonctionnels sont très importants avec marche quasiment impossible et radiologiquement les lésions arthrosiques sont non moins importantes.

Nous n'avons jamais constaté de signes fonctionnels d'arthrose en dessous de 36 ans

Au dessus de 36 ans et jusqu'à 50 ans, l'arthrose n'était présente que si la déviation était supérieure à 10°

./...

au dessus de 50 ans tous les genoux possédant une déviation supérieure à 5° étaient arthrosés.

C'est ainsi que sur la courbe précédemment décrite ($\sigma = f(\theta)$) nous avons pu déterminer grossièrement les zones théoriques où l'excès de contrainte engendrait irrémédiablement l'arthrose.

2 - ETUDE DU PIED FRONTAL (schéma 1)

Grâce à la position "tibiotarsienne de face" l'étude du pied frontal est rendue possible.

Le quadrilatère d'appui de l'arrière pied est déterminé comme suit : sur le sujet placé dans la position radiologique précédemment décrite on glisse de part et d'autre des talons et jusqu'à leur contact deux pièces métalliques de même dimension.

Dès lors, sur le cliché, on pourra voir exactement la base du quadrilatère d'appui.

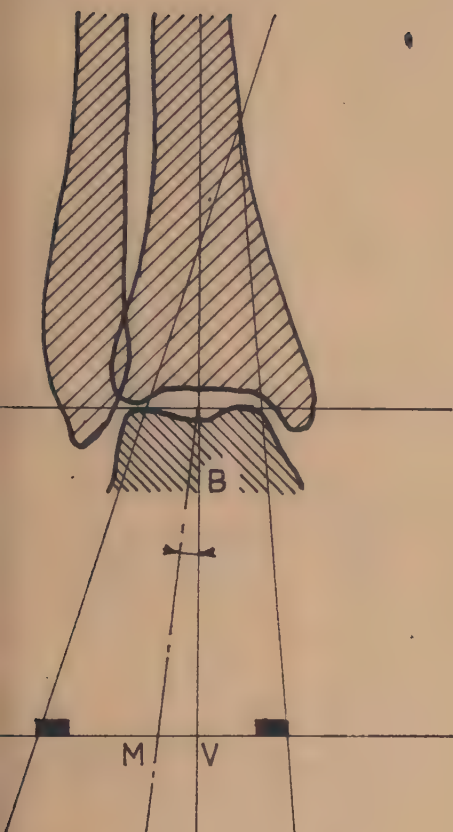
L'axe radiologique de l'arrière pied est représenté par la ligne joignant les milieux de la tibiotarsienne et de la distance entre les 2 pièces métalliques.

L'angle que fait cet axe avec la verticale détermine le degré de varus ou de valgus.

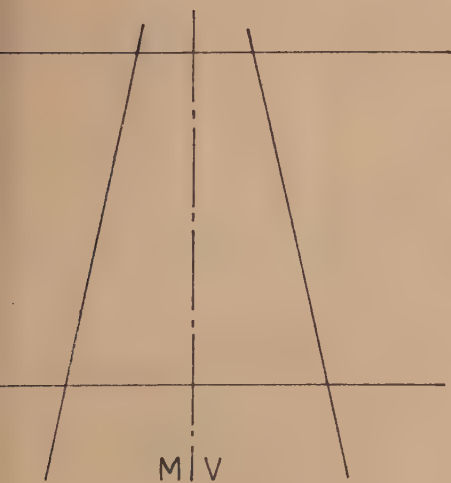
Normalement cet angle est compris entre 3° et 8° de valgus.

ETUDE DU PIED FRONTAL

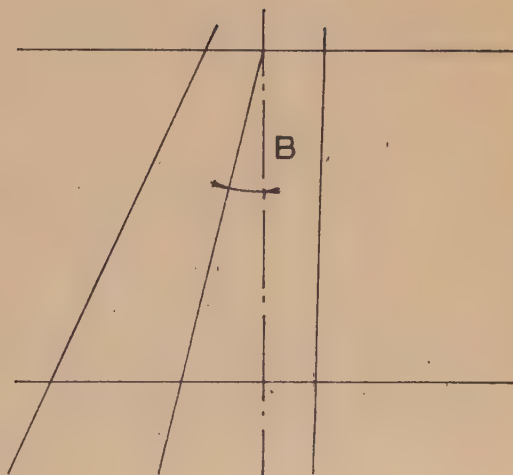
CONSTRUCTION DU QUADRILATERE D'APPUI



$\hat{B}$ représente l'angle de
valgus physiologique :
3° à 8°



VARUS



VALGUS IMPORTANT

3 - L'ETUDE DE LA HANCHE DE FACE (schéma 13)

comprend l'appréciation de

- l'angle de couverture externe de la tête

{ normalement supérieure à 25°
 { limite de 20° à 25°
 { dysplasique en dessous de 20°

- l'angle d'obliquité du toit

{ normalement inférieur à 10°
 { limite de 10° à 12°
 { dysplasique supérieur à 12°

- l'angle cervicodiaphysaire

{ normalement inférieur à 135°
 { limite entre 135° et 140°
 { dysplasique supérieur à 140°

AU TOTAL CETTE ETUDE RADIOLOGIQUE DU GENOU

FRONTAL QUI PERMET EN OUTRE L'ETUDE DE LA HANCHE

DE FACE ET L'APPRECIATION DE LA

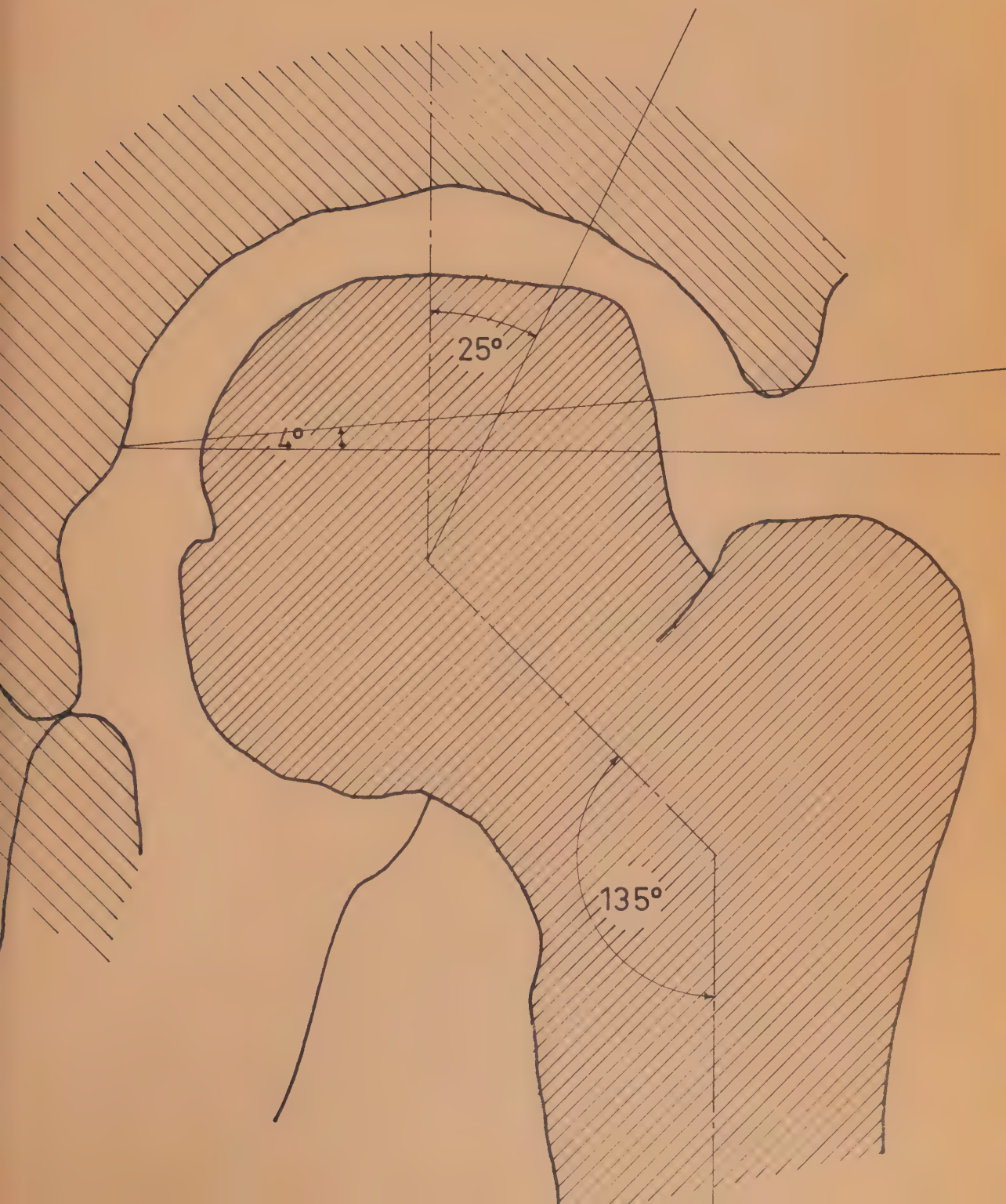
DE L'ARRIERE PIED DONNE UN BILAN COMPLET DU

MEMBRE INFERIEUR EN EXTENSION.

./...

SCHEMA 13

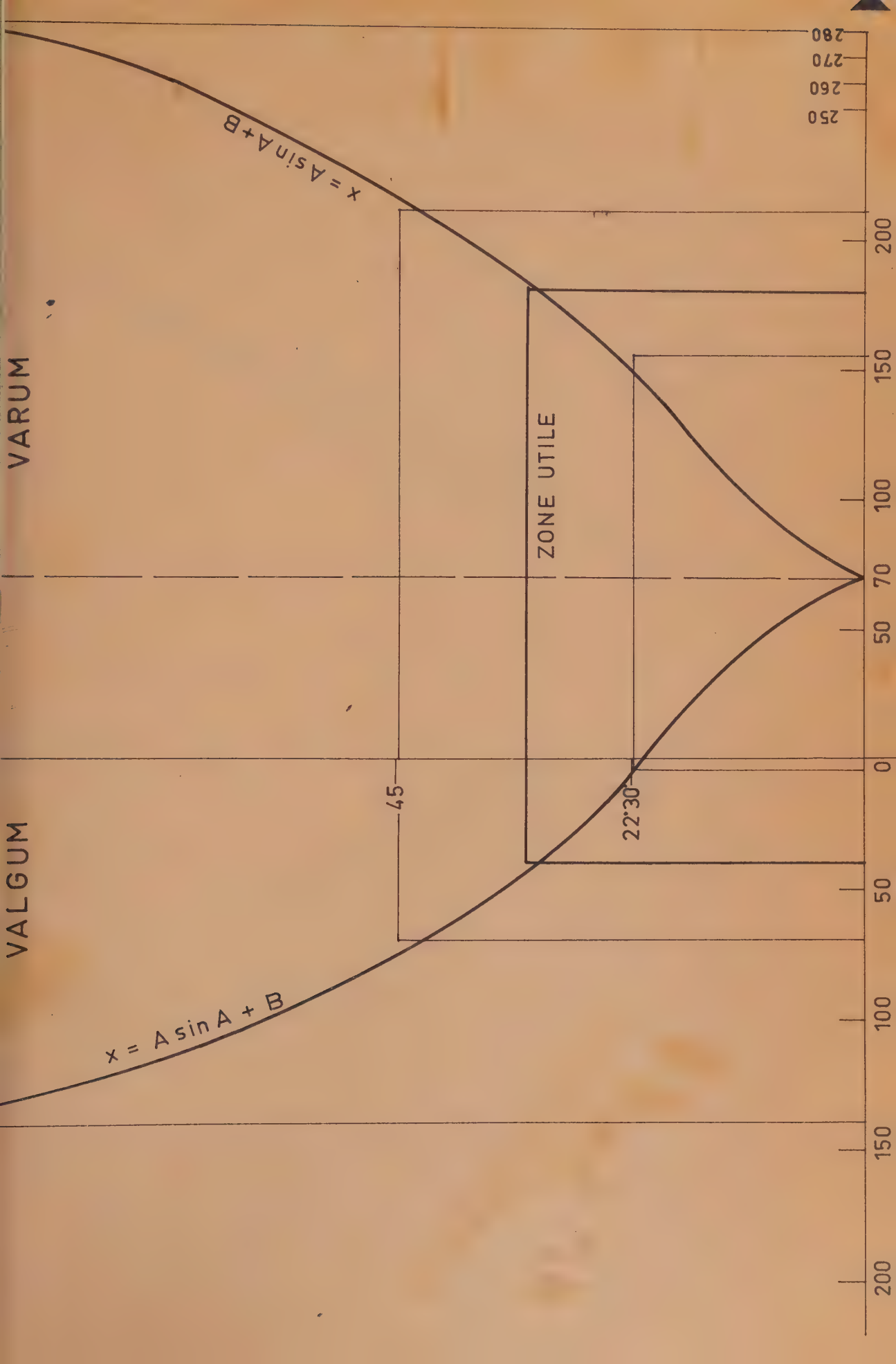
COXOMETRIE DE LA HANCHE WIBERG ET LEQUESNE



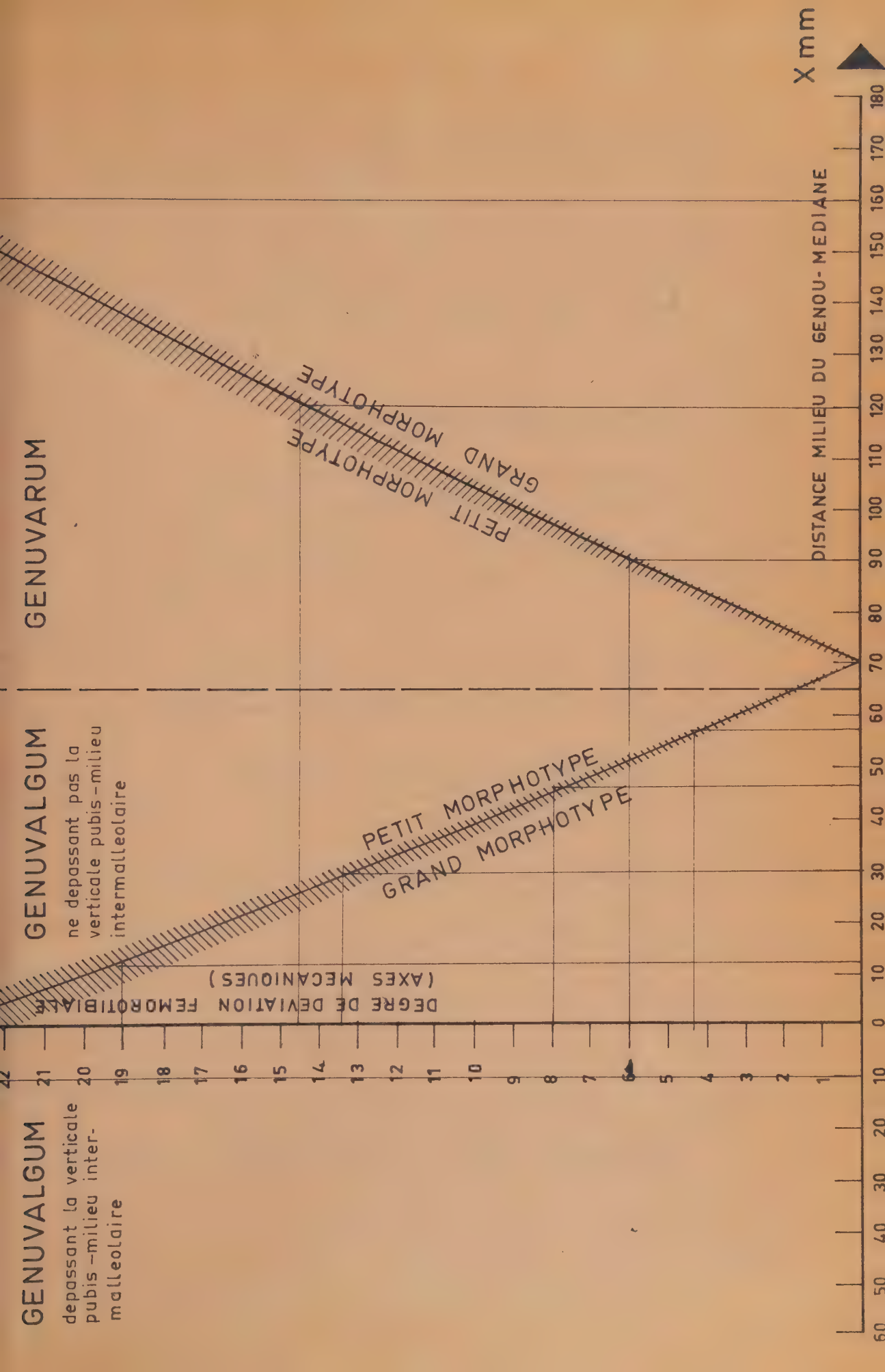
Néanmoins, cette étude complète ne se justifie en rien lors d'un examen systématique. C'est pour cette raison que nous avons été amenés à rechercher une méthode de dépistage des déviations latérales du genou ; méthode qui serait

- 1 - facile à pratiquer chez tous les sujets
- 2 - facile à lire et donnant avec le minimum d'erreur le degré de déviation frontale.

• / • • •







Nous avons représenté les courbes correspondantes à ces fonctions.

Par ailleurs, la distance x étant également fonction du morphotype (F , T , a) nous avons tracé ces courbes avec 3 variantes (sujet grand ; sujet moyen, sujet petit).

Dès lors, l'étude de ce graphique montre

- 1° - des différences marquées aux valeurs extrêmes de A° : les distances du milieu du genou à la verticale abaissée du centre de gravité se modifient considérablement suivant la taille du sujet
- 2° - par contre, jusqu'à 20° environ, la courbe est relativement homogène

Nous avons agrandi cette portion de la courbe :

Ainsi, dans cette zone à chaque valeur de x correspond une valeur de A° et ce, avec une marge d'erreur minime.

Technique

schéma 14

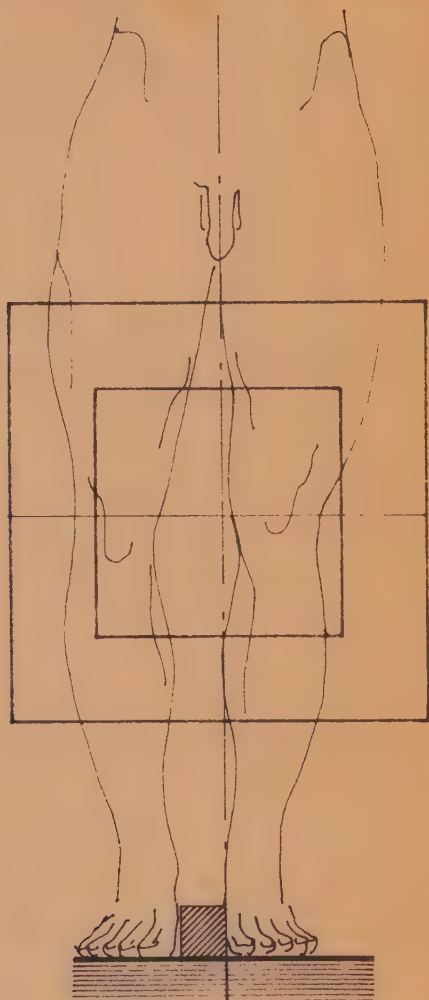
Avant toute description de technique radiologique, il faut rappeler une notion fondamentale

DEPISTAGE RADIOLOGIQUE DES DEVIATIONS FRONTALES

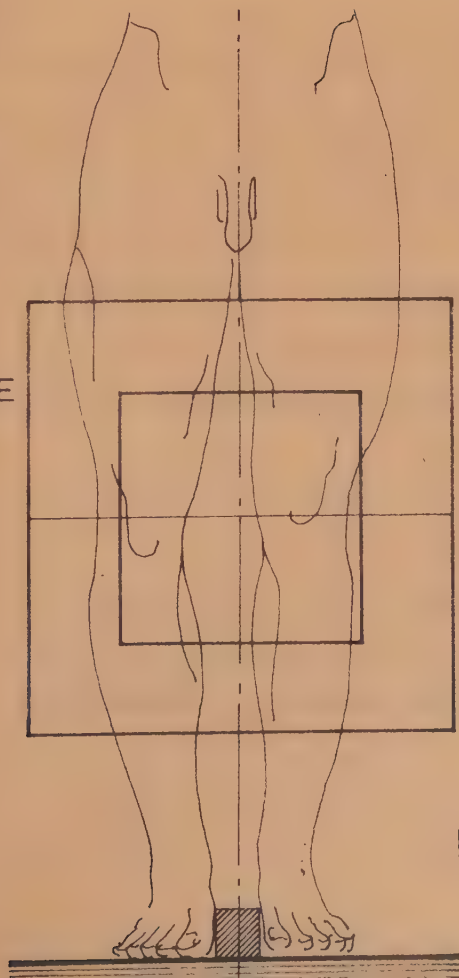
POSITION DU SUJET



POSITION INCORRECTE



POSITION INCORRECTE



POSITION CORRECTE

le milieu du bassin d'une part, le milieu de l'espace intermalléolaire, d'autre part .

doivent être sur la même verticale. Ce n'est qu'à cette condition que l'on pourra se servir de la courbe précédemment décrite.

Le sujet sera placé comme suit :

- debout, de face, en appui bipodal
- le bassin centré sur la verticale du
- les tibiotarsiennes strictement de face ; le milieu de la distance séparant celles-ci se situant sur la même verticale.

Afin de minimiser les sources d'erreur, nous maintenons un écart constant entre les deux malléoles à l'aide d'un bloc de liège de 6 cm d'épaisseur.

Ces conditions, très facilement réalisables chez un sujet possédant un genu varum même important, sont parfois difficiles à effectuer lors d'un genu valgum dépassant 18° - 20°. Les genoux seront alors radiographiés l'un après l'autre, mais en respectant toujours le fait que la verticale tombant du milieu du bassin passe à 6 cm/2 de la malléole interne.

La cassette

30 x 40 aura sa ligne médiane confondue avec la verticale "milieu du bassin-milieu de l'espace intermalléolaire"

le tube

si possible situé à 3 m au minimum aura son rayon centré sur l'interligne.

Si l'on ne peut obtenir un tel éloignement, il faudra tenir compte du facteur d'agrandissement.

RESULTATS

La distance du genou au milieu du film donne immédiatement l'angulation fémorotibiale

Ainsi

à une distance 70 mm correspond une déviation nulle
à une distance 1 cm correspond une déviation de 8° varus
à une distance 35 mm correspond une déviation de 8° valgus

Nous avons pu vérifier cette courbe, que l'on pourrait taxer de théorique, en remplaçant sur le graphique des distances relevées sur des clichés 30 x 40 ou 24 x 30, les angulations étant confirmées par la mesure sur clichés 30 x 90

Au total, il s'agit d'une méthode facile d'évaluation des déviations frontales du genou ; de réalisation aisée ; elle n'exige qu'une disposition soigneuse du patient.

./...

Bien sur, il ne peut s'agit que d'un
dépistage systématique. Le bilan complet de la
statique frontale des membres inférieurs restant
l'apanage de la cassette 30 x 90 ou 30 x 120.

C O N C L U S I O N S .

CONCLUSION

L'étude de la statique frontale du genou montre

- 1°) la nécessité physiologique d'une inclinaison en valgus des axes mécaniques du fémur et du tibia

Cet angle a pu être apprécié mathématiquement à 1° (variations possibles de 0° à 2°) et confirmé expérimentalement.

- 2°) la proportionnalité exacte entre le degré de déviation et la contrainte au niveau du plateau tibial intéressé
- 3°) l'incidence du poids sur la contrainte, donc sur la déviation.

Ainsi un sujet de 55 kg possédant une déviation de 4° en varum voit sa contrainte doubler pour un poids de 75 kg.

- 4°) l'influence de la modification du rapport

longueur	axe mécanique fémur
	
	axe mécanique tibia prolongé jusqu'au sol

dans la genèse des déviations frontales

- 5°) la corrélation entre le degré de déviation et les phénomènes arthrosiques

./...

Ainsi tous nos sujets expérimentés de plus de 50 ans, possédant une déviation supérieure ou égale à 5° présentent des signes fonctionnels et radiologiques d'arthrose fémorotibiale.

L'apport radiologique dans les déviations frontales est fondamental :

- d'une part dépistage grace au cliché standard, pratiqué en charge ; l'évaluation sur ce cliché de la distance du milieu du genou à la ligne médiane du film donne immédiatement l'angulation fémur-tibia
- d'autre part bilan complet de la statique frontale du membre inférieur (hanche - genou - pied frontal) grâce à la cassette 30 x 90.

BIBLIOGRAPHIE.

BIBLIOGRAPHIE

-:-:-:-:-

NET - WAINE - BAUER

Modifications du genou à divers
âges et relations avec la nature
et l'évolution de l'arthrose.

(Commonwealth Fund. 1942)

MONT - HAMPEUX - JEDWAB

Distribution des contraintes
osseuses dans le fémur.

(Rev.Chir.orthop. 1968)

PPE

Arthroses déformantes du genou et
pied plat valgus.

(Presse Méd.1934)

PPE - ADAM -

Le traitement orthopédique des
rhumatismes du genou.

(Rev. du Rhum. 1936)

LILLET et VAN-CAVER

Arthrose du genou.
Etude pathologique et traitement

(Acta orthop. Belg.727 1961)

ACARD

Das genu valgum .

(Enke Stuttgart 1932)

ROSE

Sur les facteurs mécaniques du rhumatisme chronique du genou.

(Le concours médical 1932)

LEBOUTRE et FRAIN

Technique d'ostéotomie intercondylaire du fémur pour corriger les déviations arthrosiques du genou.

(Ann. Chir. 1967)

LEBOUTRE et GLINET

Traitement des gonarthroses par malformation des genoux.

(Act.Rhum.Expansion Scient.Paris 1967)

LEBOUTRE

Les résultats de plusieurs années de pratique de la ménisco-graphie.

(J.Radio.1960).

LEBOUTRE et GLINET

Arthrographie du genou.

(E M C Radio diagnostic 1961)

LEBOUTRE - DE BOULOGNE -

Physiologie des mouvements.

(Baillière. Paris 1867)

LEBOUTRE -- CAUCHOIX -- LEBOUTRE --
DEBOUTRE.

L'ostéotomie dans les gonarthroses à déviation angulaire dans le plan frontal

(Revue.Chir.Orthop. 1968)

- DUPARC et MASARE Mesures radiologiques des déviations
angulaires du genou sur le plan
frontal.

(ANF. Radio.1967)

- FICAT Arthrographie opaque du genou.

(Mosson 1957)

- FICAT Pathologie fémoropatellaire . 1970

- GAGNIERE - VIGNON - DEJOUR --
- DE MOURGUES - L'ostéotomie tibiale dans la
gonarthrose.

(Rev.Lyon de Med.1970)

- GAUTHIER Traitement chirurgical de la
gonarthrose.

(Thèse Lyon 1966)

- GAUTHIER La gonarthrose - Rhumatologie 1964.

- CLINET La gonarthrose.

(Thèse - Paris 1962)

(Flammarion Paris 1968)

JACKSON - WAUGH Ostéotomie tibiale pour arthrose du
genou.
(J. bone joint et surg. 1961)

Genou coxarthrose fixateur externe.

KAPANDJI Mécanique articulaire, schéma commenté.
(Presse Méd. 1966)

KAPANDJI Physiologie articulaire . Fase 2.
 (Maloine - Paris)

- LOUEAC Les ostéotomies dans le traitement des arthroses du genou avec déviation axiale en varus valgus.

(Thèse 1964)

HAQUET - SIMONET - DE MARCHAIN - Biomécanique du genou et gonarthrose.
(Rev. Chir. Orthop. 1967)

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

LE RECTEUR DE L'ACADEMIE

LE DOYEN

LE PRESIDENT DE THESE

